corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 4 - 11 febbraio 1961 - un fascicolo lire 150 19° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno. Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta**.

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

AMPLIFICAZIONE di ALTA e di BASSA FREQUENZA

Compito di un amplificatore di B. F. è quello di amplificare tutte le frequenze della gamma acustica nella maniera più uniforme possibile. Un amplificatore di Alta Frequenza, per contro, amplifica soltanto una parte della estesa gamma della radiofrequenza. Gli amplificatori per radiofrequenza adottano perciò circuiti risonanti o sintonizzati su frequenze determinate, mentre quelli per frequenze audio presentano circuiti non risonanti.

AMPLIFICATORI di TENSIONE ad ALTA FREQUENZA

Sappiamo oramai bene che nei radioricevitori il segnale captato dall'antena è estremamente debole, e che, inoltre, viene ricevuto contemporaneamente a tutti i segnali provenienti dalle varie stazioni emittenti; il segnale che interessa deve essere scelto tra tutti ed amplificato prima di essere applicato al rivelatore e quindi alla sezione di B.F. Tutti gli stadi di amplificazione in A.F. sono amplificatori di tensione e funzionano in classe A allo scopo di offrire, con una elevata amplificazione, la minima distorsione. Come abbiamo visto nell'esame del ricevitore radio a stadi accordati, l'uso di tali stadi incrementa tanto la sensibilità quanto la selettività.

Nei trasmettitori si richiedono invece amplificatori di potenza ad A.F.; essi devono amplificare la minima potenza sviluppata dall'oscillatore, ossia da uno stadio che genera le oscillazioni, allo scopo di irradiare la massima energia tramite l'antenna. Gli amplificatori di potenza a radiofrequenza possono funzionare tanto in classe B quanto in classe C.

In quest'ultimo caso, la potenza resa è maggiore ma, data la notevole distorsione della classe C, quando la radiofrequenza è modulata, è più opportuno usare stadi in classe B. Se la modulazione viene effettuata nello stadio di amplificazione finale, tutte le altre valvole possono funzionare in classe C: in questo caso si ha una modulazione ad *alto livello*. Se la modulazione viene applicata invece al penultimo stadio, quello d'uscita deve funzionare in classe B: quest'ultimo sistema è denominato modulazione a *basso livello*.

Tipi di valvole impiegate

Le valvole amplificatrici a radiofrequenza nei ricevitori sono quasi sempre dei pentodi. Essi, grazie alla loro grande trasconduttanza, assicurano una elevata amplificazione per ogni stadio. I pentodi hanno inoltre — come abbiamo visto nella lezione loro dedicata — una bassa capacità interelettrodica, per cui non necessitano di alcun sistema di neutralizzazione per annullare il segnale che dalla placca ritorna al circuito di griglia. Sappiamo che un provvedimento del genere è invece indispensabile per un triodo, onde evitare indesiderate oscillazioni.

Se l'amplificazione deve essere controllata variando la polarizzazione di griglia degli stadi a radiofrequenza, è noto (vedi pagina 392) che è necessario usare una valvola a μ variabile.

I pentodi per A.F. di tipo normale presentano degli inconvenienti se vengono utilizzati per il funzionamento con frequenze molto elevate, data la capacità interelettrodica, che in tale impiego risulta grande, e dato il tempo di transito relativamente lungo. Per **tempo di transito** si intende il tempo impiegato da un elettrone per trasferirsi da un elettrodo all'altro nella valvola. Con l'aumentare della frequenza, tale tempo diventa una parte apprezzabile del ciclo e acquista una notevole importanza; si verifica una diminuzione della resistenza interna della valvola, che equivale ad una diminuzione del fattore di merito Q, del circuito sintonizzato in parallelo alla valvola.

Il tempo di transito viene ridotto riducendo tutte le dimensioni fisiche e gli spazi interelettrodici, come si può notare nella struttura delle valvole miniatura e dei tipi così detti a « ghianda ».

Le valvole usate nei ricevitori e nei trasmettitori sono del tutto simili tra loro, fatta eccezione per le dimensioni. Dal momento che una gran parte dei tipi per trasmissione è costituita da valvole di potenza, destinate ad amplificare forti tensioni e notevoli correnti, le dimensioni ed il peso logicamente sono maggiori che non nelle valvole riceventi. Infine, diremo che nei trasmettitori più potenti, le valvole finali sono addirittura raffreddate con sistemi meccanici come ventilatori o tubi conduttori d'acqua posti intorno ad esse.

Sistemi di accoppiamento

Amplificatori di tensione non sintonizzati. Sebbene la maggior parte degli stadi di amplificazione ad A.F., come abbiamo premesso, siano sintonizzati, a volte, per motivi particolari, anche con la radiofrequenza si ricorre all'uso di stadi non sintonizzati, come quello illustrato in **figura 1**. Questi stadi sono detti **aperiodici.**

Per lo più si usano accoppiamenti del tipo a impedenza-capacità, ma alcuni amplificatori di questo tipo sono accoppiati anche a trasformatore. In entrambi i casi l'im-

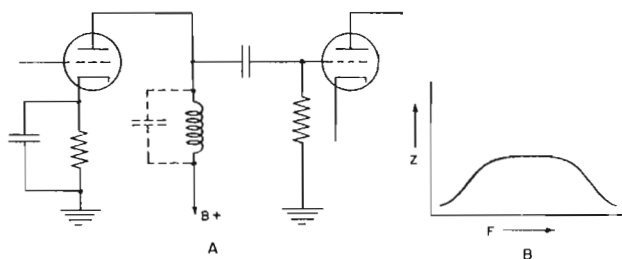



Fig. 1A — Schema di uno stadio di amplificazione ad Alta Frequenza aperiodico, ossia indipendente dalla frequenza. L'accoppiamento è — in questo caso — ad impedenza e capacità (LC). In B è rappresentata la curva di risposta che esso presenta nei confronti di una determinata gamma di frequenze.

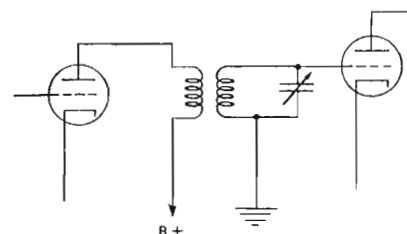



Fig. 2 — Un condensatore variabile, collegato in parallelo al secondario del trasformatore di accoppiamento, rende lo stadio sintonizzato. La frequenza di funzionamento dipende dai valori di induttanza e capacità del circuito LC.

pedenza di carico della valvola è costituita dall'avvolgimento dell'impedenza, o dal primario del trasformatore, e dalla capacità ad essi in parallelo. Questa capacità consiste nella capacità interelettrodica della valvola ed in quella distribuita della bobina e dei conduttori. La figura 1-**B** illustra la curva di risonanza di un amplificatore aperiodico.

Amplificatori di tensione sintonizzati. Se in parallelo all'impedenza, o all'avvolgimento secondario del trasformatore di un circuito aperiodico si pone un condensatore variabile, (**figura** 2), il circuito può essere sintonizzato su qualsiasi frequenza desiderata entro una determinata gamma limitata dai valori di L e di C adottati. L'amplificatore a radiofrequenza sintonizzato è usato ampiamente negli stadi di ingresso dei ricevitori a stadi accordati e nei ricevitori supereterodina: dei primi abbiamo già detto, dei secondi ci occuperemo quanto prima. Ricordiamo qui i diversi vantaggi derivanti dall'adozione dei circuiti sintonizzati. In primo luogo, è possibile ottenere la massima amplificazione per ogni ben definita frequenza, in quanto la curva di risonanza è relativamente acuta; in secondo luogo, i segnali di ogni data frequenza, o di una gamma di frequenze, possono essere amplificati molto di più che non quelli al di fuori di tali valori. Se, ad esempio, uno stadio ad A.F. sintonizzato presenta una curva di risonanza come quella illustrata in **figura 3**, vengono amplificati i segnali compresi tra 1.000 e 1.010 kHz; quelli al di fuori di tale gamma di frequenze vengono amplificati solamente secondo l'assai più ridotta ampiezza indicata dalle falde della curva stessa.

I segnali a radiofrequenza irradiati da un'antenna comprendono la frequenza portante, e in più o in meno la frequenza acustica che la modula. Tutte le stazioni trasmittenti a modulazione di ampiezza hanno una ampiezza della banda di modulazione limitata a 10.000 Hertz, ossia 5.000 Hz per ogni lato, inferiore e superiore, della frequenza portante.

Se, come stadio di ingresso di un radioricevitore, viene usato un amplificatore ad A.F., la citata gamma o banda di frequenze acustiche, per una buona fedeltà di riproduzione, deve essere amplificata in maniera uniforme.

Supponiamo che il trasmettitore funzioni con una frequenza portante di 1.005 kHz: il ricevitore deve essere in grado di rispondere ad una gamma di frequenze da 1.000 a 1.010 kHz. Nella curva di responso ideale di un amplificatore, rappresentata dalla **figura 4**, tutti i segnali compresi nella gamma desiderata sono amplificati uniformemente, mentre non si ha amplificazione al di là degli estremi.

In pratica però, tale curva non può essere ottenuta.

AMPLIFICATORI di TENSIONE a BASSA FREQUENZA

Sistemi di accoppiamento

La maggior parte degli apparecchi radio nella sezione di Bassa Frequenza necessita di più di un solo stadio di amplificazione (sia di tensione che di potenza). Allo scopo di ottenere un maggior guadagno, è necessario perciò collegare tra loro diversi stadi: quando l'uscita di uno di essi diventa l'entrata del successivo, la sistemazione — ricordiamo — viene denominata « amplificazione in cascata ».

Per l'accoppiamento degli stadi in Bassa Frequenza si usano sistemi differenti da quelli testè accennati per gli stadi di Alta Frequenza. Dato che questi ultimi impiegano circuiti oscillanti come carichi di placca, gli stadi sono per lo più accoppiati mediante circuiti sintonizzati il che non può essere, come è stato detto all'inizio di lezione, per la Bassa Frequenza.

Esistono diversi metodi di accoppiamento per l'amplificazione a Bassa Frequenza; ognuno di essi ha i suoi vantaggi ed i suoi inconvenienti, per cui la scelta del tipo di accoppiamento dipende dalle particolari esigenze del circuito. I metodi basilari sono i seguenti: accoppiamento a resistenza e capacità, ad impedenza, a trasformatore, accoppiamento catodico ed accoppiamento diretto.

Accoppiamento a resistenza e capacità. Questo tipo di accoppiamento, detto comunemente ad RC, è uno dei più usati negli amplificatori a Bassa Frequenza. Esso è illustrato alla **figura 5**, nella quale il condensatore C_c e la resistenza R_g sono le unità di accoppiamento.

Un piccolo segnale applicato alla griglia della valvola V_1, viene convertito in un segnale di notevole ampiezza ai capi della resistenza di carico di placca, R_c, grazie al coefficiente di amplificazione della valvola stessa. Il condensatore di accoppiamento accoppia il segnale a c.a. dalla placca di V_1 alla griglia di V_2; esso impedisce anche al potenziale positivo a c.c. presente sulla placca di V_1 di trasferirsi sulla griglia di V_2. La tensione del segnale è presente ai capi della resistenza di griglia R_g ed è perciò alla griglia di V_2. La resistenza R_c costituisce anche una

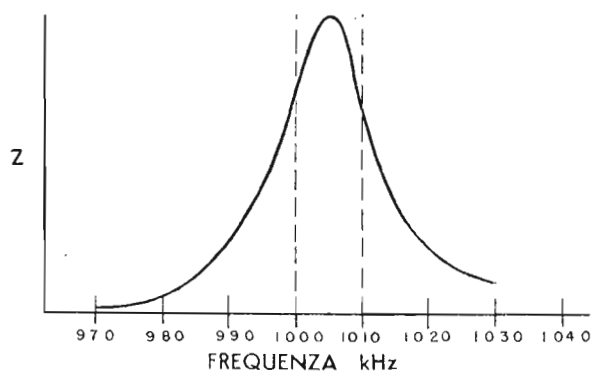



Fig. 3 — Curva di risposta di uno stadio di amplificazione sintonizzato; Z è massima per la frequenza di risonanza.

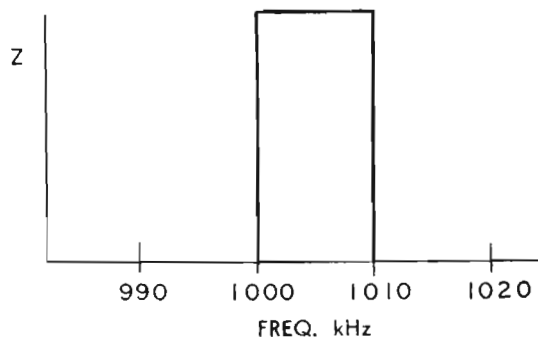



Fig. 4 — Curva ideale di responso di uno stadio sintonizzato. L'amplificazione ha luogo soltanto per la gamma di sintonia.

possibilità di fuga a massa per tutti gli elettroni che si possono eventualmente accumulare sul lato griglia del condensatore C_c.

Il principale vantaggio dell'amplificatore RC consiste nella sua attitudine ad amplificatore in maniera uniforme tutti i segnali di un'ampia gamma di frequenze. Ciò è illustrato dalla curva di risposta alla frequenza di un amplificatore audio tipico con accoppiamento a RC, visibile in **figura 6**. La curva è ricavata applicando segnali ad ampiezza costante, ma di diversa frequenza, all'entrata dell'amplificatore, misurando l'ampiezza di tensione d'uscita con uno strumento di precisione adeguata, come ad esempio un voltmetro a valvola, e tracciando la curva punto per punto sul diagramma. Detta curva si chiama **curva del responso di frequenza**. Sull'asse verticale si hanno i valori di ampiezza lineari, e su quello orizzontale i valori di frequenza su scala logaritmica: quest'ultimo accorgimento, al fine di racchiudere in uno spazio esiguo l'intera gamma delle frequenze udibili.

Se si desidera che il coefficiente di amplificazione di V_1 della figura 5, sia elevato, è necessario fare in modo che il valore ohmico del carico anodico sia il più alto possibile. Però, come si vede dalla figura 6, un valore alto di R_c dà, è vero, una notevole amplificazione, ma presenta anche un andamento (responso) alla frequenza scadente. Un valore basso di R_c dà un ottimo responso alla frequenza ma bassa amplificazione. È necessario perciò raggiungere un compromesso che dia valori apprezzabili per entrambe le caratteristiche.

La figura 5 mostra che la resistenza di griglia di V_2 è, in effetti, in parallelo alla resistenza di carico di V_1: pertanto R_g deve essere maggiore di R_c onde non ridurre il valore effettivo di quest'ultima, ai capi della quale si sviluppa il segnale. Normalmente, il valore di R_g è superiore al doppio della resistenza di placca; tuttavia, non può essere un valore eccessivamente alto in quanto gli elettroni che si accumulano sulla griglia devono avere la possibilità di sfuggire verso massa, al fine di evitare un'autopolarizzazione che può altrimenti raggiungere il valore di interdizione della valvola.

Osservando le curve della figura 6 si può notare che l'amplificazione è scarsa alle estremità alta e bassa della gamma di frequenze. Il motivo di questo fatto può essere chiarito ridisegnando il circuito di accoppiamento RC nel modo illustrato alla **figura 7**. Nei confronti delle frequenze più basse, la reattanza di C_c diventa alta, per cui esso equivale ad una resistenza che, essendo in serie ad R_g forma con questa un partitore: assai poco segnale risulta ai capi di R_g stessa, per essere applicato alla griglia di V_2; di conseguenza, la capacità di tale condensatore deve essere alta onde evitare perdite di ampiezza delle frequenze basse. Tuttavia, una capacità molto alta non può essere usata in quanto una grande capacità impiega troppo tempo per scaricarsi attraverso la resistenza di griglia allorchè viene inizialmente caricata da un forte segnale.

I valori del condensatore di accoppiamento e della resistenza di griglia devono essere scelti in modo tale da permettere la scarica anche del segnale più intenso, evitando nello stesso tempo la citata attenuazione dei segnali a frequenza più bassa. Valori opportuni sono indicati in una serie di tabelle che inseriremo in prossime lezioni (60ª e 61ª).

Nei confronti delle frequenze elevate, la reattanza di C_c è talmente bassa che esso si comporta come se fosse in cortocircuito per i segnali. Tuttavia, la reattanza della capacità esistente nelle valvole tra catodo e placca, nonchè della capacità distribuita tra la massa (chassis) ed i vari collegamenti del circuito (rappresentate entrambe dal condensatore tratteggiato sullo schema di figura 7) a tali frequenze acquistano notevole importanza. Essendo tali capacità praticamente in parallelo alla resistenza di carico R_c, e dal momento che la loro reattanza diminuisce con l'aumentare della frequenza, le frequenze più elevate della gamma audio risultano in parte convogliate a massa. Questo è il motivo del minor rendimento alla estremità alta della gamma di frequenze.

Il vantaggio principale dell'accoppiamento RC negli amplificatori, sta nella possibilità di ottenere un'amplificazione uniforme, nonostante quanto ora visto, entro una gamma relativamente ampia. Altri vantaggi consistono nel costo ridotto dei componenti necessari, nelle ridotte dimensioni dell'assieme che permettono una discreta compattezza nella realizzazione del circuito, ed in una certa semplificazione nei confronti degli altri sistemi. Uno svantaggio è invece costituito dal fatto che non si ha alcuna possibilità di aumento di tensione in virtù degli organi di accoppiamento; dal momento che l'amplificazione possibile è dovuta esclusivamente alle valvole, per ottenere una determinata amplificazione è necessario un numero di stadi maggiore che non se l'accoppiamento fosse effettuato mediante trasformatore, che — come è noto — innalza, se necessario, la tensione.

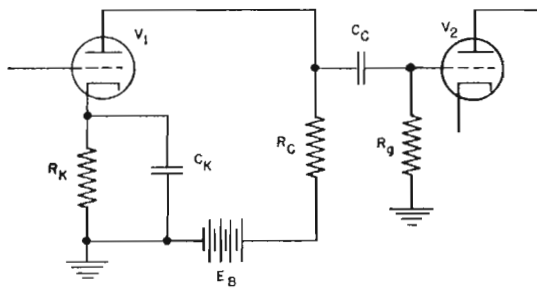



Fig. 5 — Accoppiamento RC tra due stadi in Bassa Frequenza. Il segnale amplificato da V1 si sviluppa ai capi di R_c, e, tramite C_c passa sulla griglia di V2, mentre la componente continua resta bloccata.

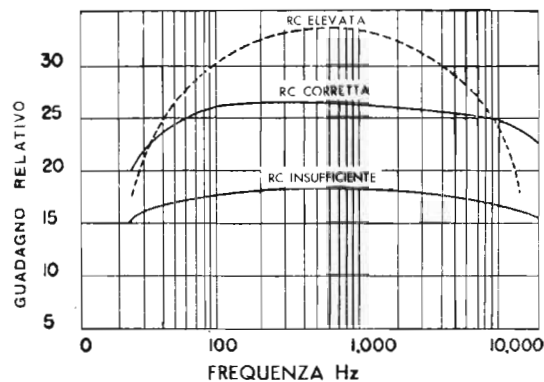
Fig. 6 — Curve di responso con varie resistenze di carico.

Il guadagno di un amplificatore è il rapporto tra l'ampiezza del segnale amplificato presente sulla placca e quella del segnale di ingresso portato alla griglia. L'amplificazione di tensione da parte di uno stadio dipende dal coefficiente di amplificazione della valvola, dalla sua resistenza di placca, R_p e dal valore della resistenza di griglia dello stadio successivo, R_g. In un amplificatore del tipo RC la resistenza effettiva di carico della valvola è approssimativamente eguale alla resistenza di carico reale, in parallelo alla resistenza di griglia dello stadio successivo. Il valore risultante dalla combinazione di queste due resistenze, rappresentato dal simbolo R_e, è considerato come resistenza equivalente. L'amplificazione di tensione è espressa quindi dalla seguente equazione:

$$\text{amplificazione di tensione} = \frac{\mu \times R_e}{R_e \times R_p}$$

Accoppiamento ad impedenza — L'accoppiamento mediante impedenza è analogo al sistema RC, ad eccezione del fatto che il carico anodico nella valvola amplificatrice, come illustrato alla **figura 8**, è costituito da un'induttanza o impedenza, invece che da una resistenza. Il vantaggio di questa sostituzione sta nel fatto che l'impedenza risulta alta agli effetti della componente alternata, mentre è bassa o addirittura trascurabile per la corrente continua. Per questo è possibile ottenere alti valori di impedenza di carico per l'amplificazione della tensione a c.a. (segnale), pur usando una bassa tensione di alimentazione anodica, in quanto la corrente anodica, in assenza di segnale, causa una caduta di tensione assai bassa ai capi della resistenza ohmica dell'avvolgimento che è di basso valore, specialmente se posta a confronto con la resistenza di carico del sistema RC.

Uno svantaggio del sistema di accoppiamento ad impedenza e capacità (detto anche LC), è che l'amplificazione non è molto uniforme alle varie frequenze: infatti, la reattanza induttiva dell'avvolgimento ($X_L = 2\pi FL$) è minima per i segnali a frequenza molto bassa, e massima per quelli a frequenza molto alta, per cui l'amplificazione aumenta con l'aumentare della frequenza stessa del segnale.

Accoppiamento a trasformatore — Come si nota allo schema della **figura 9-A**, nel sistema di accoppiamento a trasformatore, si usa tale dispositivo (che può essere per Alta o per Bassa Frequenza), per accoppiare il segnale tra gli stadi. Il primario funge da carico nei confronti del primo stadio, mentre il secondario applica la tensione alla griglia della valvola successiva.

Come nel caso dell'accoppiamento LC, l'accoppiamento a trasformatore ha il vantaggio di una bassa caduta di tensione ai capi del primario. Inoltre, se l'avvolgimento secondario ha un numero di spire maggiore che non il primario, la tensione d'uscita è maggiore proporzionalmente al rapporto tra il numero di spire degli avvolgimenti.

Questo sistema è particolarmente comodo per l'accoppiamento ad un amplificatore di potenza in controfase, in quanto un trasformatore è in grado di fornire contemporaneamente due tensioni di eguale ampiezza, ma reciprocamente sfasate di 180°, come è illustrato dalla figura 9-**B**, e, come si è visto precedentemente, gli stadi in « push-pull » possono funzionare in classe B per dare una notevole potenza con distorsione sufficientemente bassa.

La **figura 10** illustra il responso di frequenza di un amplificatore tipico a Bassa Frequenza con accoppiamento a trasformatore. In essa si può notare che tale accoppiamento permette un notevole guadagno ed un responso relativamente costante nella zona centrale della gamma, mentre ha un rendimento scadente sia per le frequenze molto basse che per quelle molto alte. La perdita di amplificazione per le frequenze più basse è dovuta alla bassa reattanza del primario del trasformatore a tali frequenze; d'altra parte, l'amplificazione stessa, come si è visto, diminuisce rapidamente non appena si raggiunge un certo valore di frequenza anche verso l'estremità più alta della gamma, e qui la causa è della capacità distribuita tra le spire, dell'induttanza dispersa, della capacità tra avvolgimenti e massa, nonchè delle perdite di c.a., sempre crescenti con la frequenza, nel nucleo di ferro.

In prossimità dell'estremo alto della gamma di frequenze, la reattanza del primario del trasformatore è talmente alta che la sua influenza può essere trascurata. Tuttavia, in un certo punto, l'induttanza dispersa si combina con la capacità distribuita del circuito, costituendo un circuito risonante, i cui effetti si manifestano sotto forma di un picco a gomito, come si vede nella curva di risposta illustrata in figura 10.

Negli amplificatori di classe AB e B, esiste un'ulteriore, importante esigenza che obbliga all'uso dell'accoppiamento a trasformatore: la maggior parte di tali amplificatori comporta l'applicazione alle griglie di segnali la cui ampiezza

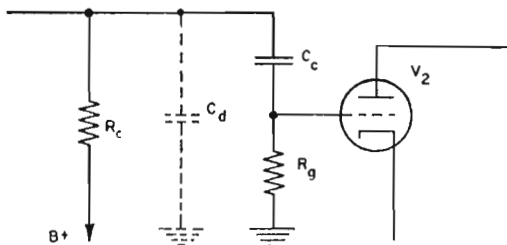



Fig. 7 — La reattanza di C_c e la resistenza R_g costituiscono un partitore che attenua il segnale alle frequenze basse. Nei confronti delle alte — invece — l'attenuazione è data dalle capacità parassite, rappresentate da C_d.

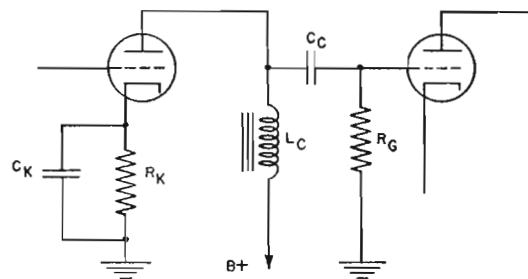



Fig. 8 — Accoppiamento LC. L'impedenza si comporta come una resistenza di carico, ma offre una bassa resistenza alla corrente continua, per cui la tensione di placca può essere maggiore che non nel tipo RC.

è tale che le stesse possono funzionare con un potenziale positivo durante una parte del ciclo del segnale applicato.

Se viene applicato potenziale positivo ad una griglia si ha, ovviamente, una corrente di griglia, e se il circuito di quest'ultima è realizzato con una resistenza, la corrente di griglia che la percorre provoca una tensione di polarizzazione che si oppone all'assunzione del potenziale positivo, riducendo così la potenza d'uscita e dando luogo a distorsione.

La resistenza alla c.c. del circuito di griglia di tali amplificatori deve quindi essere contenuta entro valori minimi onde evitare la polarizzazione dovuta alle correnti di griglia quando questa diventa positiva: la bassa resistenza ohmica dell'avvolgimento secondario di un trasformatore di accoppiamento risponde adeguatamente a tale esigenza. Pertanto, negli stadi di amplificazione di potenza in classe AB_2 e B si ricorre sempre al sistema di accoppiamento mediante trasformatore.

Come sappiamo, i trasformatori sono dispositivi ideali per l'adattamento di impedenze. Per ottenere il massimo rendimento, ossia il più elevato trasferimento di potenza dal circuito anodico dello stadio precedente al circuito di griglia di quello successivo, l'impedenza d'uscita del primo deve essere adattata a quella di ingresso del secondo. Questo risultato può essere conseguito convenientemente con un trasformatore avente un appropriato rapporto di spire. L'argomento sarà oggetto dell'intera lezione 58ª.

Accoppiamento catodico: nella lezione 37ª, relativa ai trasformatori, abbiamo appreso che il trasferimento della massima potenza da un circuito ad un altro avviene allorchè l'impedenza interna del circuito di carico equivale a quella della sorgente di energia. Sappiamo inoltre che, per adattare tra loro due circuiti aventi impedenze diverse, si ricorre sovente all'impiego di trasformatori.

Questi ultimi, tuttavia, impongono alcune limitazioni, in particolar modo a causa della loro caratteristica di responso, limitato nei confronti di un'ampia gamma di frequenze. Nei circuiti in cui la linearità di responso è una caratteristica essenziale, per adattare due diverse impedenze si ricorre ad una valvola, usata in modo del tutto particolare.

Dal momento che — in linea di massima — il problema consiste nell'adattare una sorgente di energia avente un'impedenza interna elevata, ad un carico avente invece una impedenza ridotta, il dispositivo che consente l'adattamento deve essere caratterizzato da un ingresso ad alta impedenza e da un'uscita — per contro — ad impedenza ridotta. Il circuito di una valvola avente tali caratteristiche viene chiamato « accoppiamento catodico » (in inglese « cathode follower »).

La **figura 11** rappresenta appunto un esempio di tale circuito. La tensione di ingresso, (E_i), viene applicata alla griglia della valvola, mentre quella di uscita, (E_u), viene prelevata ai capi della resistenza catodica R_K. Dal momento che quest'ultima è di basso valore ohmico, mentre la resistenza di ingresso (R_g) è di valore elevato, il circuito presenta la caratteristica alla quale ci siamo riferiti, ossia un'impedenza elevata in ingresso e bassa in uscita.

La inevitabile esclusione del condensatore di notevole capacità ai capi della resistenza di catodo, (la quale — come ben sappiamo — determina la polarizzazione di griglia), fa sì che la stessa tensione di polarizzazione di griglia non sia costante, bensì vari col variare del segnale di ingresso. Rammentiamo a tale proposito che la polarizzazione, per essere tale, deve essere costante ed indipendente dal segnale. Quest'ultimo viene sommato algebricamente alla prima, facendo in tal modo variare la corrente anodica.

Nelle dette condizioni, durante le semionde negative del segnale, la corrente anodica tende a diminuire: ciò corrisponde contemporaneamente ad una diminuzione della caduta di tensione ai capi di R_K, e quindi ad una diminuzione della tensione di polarizzazione. Tale diminuzione tende invece a far aumentare la corrente anodica. I due effetti, contrari tra loro, ostacolano l'amplificazione.

Il guadagno di tensione di uno stadio ad accoppiamento catodico è inferiore all'unità: in altre parole, è — in effetti — una attenuazione. Esso consente tuttavia una amplificazione *di potenza*. La sua caratteristica principale risiede nel fatto che il responso alla frequenza è particolarmente lineare: per questo motivo viene spesso usato come stadio di ingresso negli strumenti di misura, e, per determinati scopi, anche come stadio di uscita.

Si noti che — a differenza del sistema di accoppiamento convenzionale — l'accoppiamento catodico dà un segnale d'uscita in fase col segnale di entrata.

Il fenomeno che determina la linearità di responso alla frequenza consiste nella citata influenza che il circuito di placca esercita sul circuito di griglia, internamente alla valvola. Ciò costituisce una « controreazione » (della

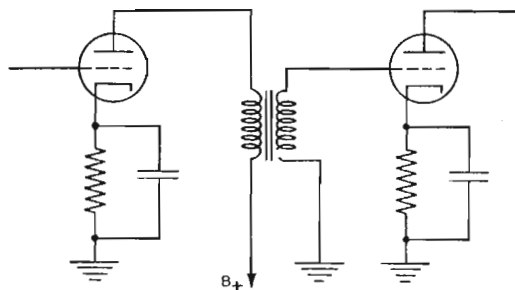



Fig. 9A — Accoppiamento a trasformatore. È simile all'accoppiamento LC, con la differenza che il segnale trasferito allo stadio successivo può avere una ampiezza maggiore o minore, a seconda del rapporto tra le spire.

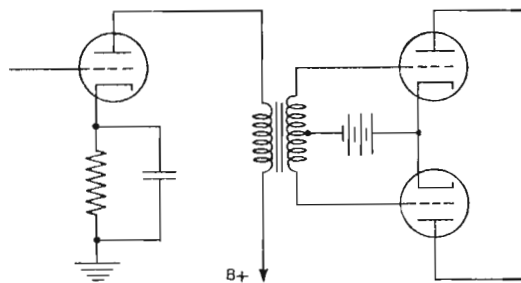



Fig. 9B — Accoppiamento a trasformatore tra uno stadio pilota ed uno stadio finale in « push-pull ». Il segnale presente ai capi del secondario viene applicato alle due griglie contemporaneamente, con fase opposta.

quale ci occuperemo dettagliatamente in futuro) che, se da un lato contribuisce a rendere uniforme il responso, dall'altro — ripetiamo — va a danno dell'amplificazione. Il segnale d'uscita, grazie appunto a detta controreazione, non presenta la minima distorsione, per cui il circuito di adattamento così realizzato offre notevoli vantaggi nei confronti dell'adattamento di impedenza mediante trasformatore.

Il valore della resistenza di catodo necessario per fornire una determinata impedenza di uscita, può essere calcolato mediante la formula seguente:

$$R_k = \frac{Z_o \, r_p}{r_p - Z_o \, (\mu + 1)}$$

nella quale Z_o è l'impedenza di uscita, r_p la resistenza di placca e μ il fattore di amplificazione della valvola.

Esistono dei casi speciali nei quali la resistenza di catodo, R_k, viene sostituita da un'impedenza o dal primario di un trasformatore. In tal caso però la presenza di un valore reattivo determina una discriminazione di frequenza.

Accoppiamento diretto — Nei circuiti di accoppiamento fino ad ora considerati, il mezzo di collegamento isola la tensione a c.c. della placca dal circuito di griglia dello stadio successivo, mentre permette il passaggio alla sola componente alternata, ossia al segnale. In un amplificatore ad accoppiamento diretto, invece, la placca di una valvola è collegata direttamente alla griglia della successiva, senza alcun dispositivo di blocco o di accoppiamento, come è illustrato alla **figura 12**. Dal momento che la placca della prima valvola ha un potenziale positivo maggiore del suo catodo, la griglia della seconda valvola viene a trovarsi ad un potenziale positivo; dovendo essere, invece, anch'essa negativa rispetto al proprio catodo, è necessario collegare quest'ultimo ad un punto che sia maggiormente positivo rispetto al potenziale della griglia. Ciò è realizzabile mediante l'impiego di uno speciale partitore di tensione, come è illustrato alla figura 12.

Seguiamo la distribuzione delle tensioni su detto partitore, a partire dal terminale avente il massimo potenziale negativo. Notiamo che la griglia di V_1 è collegata al punto *A* attraverso la resistenza di griglia R_g. La polarizzazione appropriata è ottenuta collegando il catodo di V_1 al punto *B* del partitore, ove cioè il potenziale è più positivo che non nel punto *A*.

La placca di V_1 è, a sua volta, collegata al punto *D* sul partitore attraverso la resistenza di carico R_c, la quale agisce contemporaneamente da resistenza di griglia per la valvola successiva, V_2. Dal momento che il punto *D* è più positivo di *A* e di *B*, la placca di V_1 ha automaticamente una alimentazione anodica adatta. Si noti che, quando la corrente anodica scorre attraverso R_c la caduta di tensione che si forma ai suoi capi riduce la tensione di placca.

Il punto *D* è collocato sul partitore in modo tale che circa la metà dell'intera tensione di alimentazione disponibile venga utilizzata per il funzionamento di V_1. La placca della valvola V_2 è invece collegata al punto *E* (nel quale si ha il massimo potenziale positivo), attraverso una resistenza di carico adatta. Il catodo di V_2 è, a sua volta, collegato al punto *C*, il quale ha un potenziale leggermente più positivo della placca di V_1. La giusta polarizzazione di V_2 è ottenuta mediante la caduta di tensione creata dalla corrente anodica.

Se le tensioni delle valvole sono regolate in modo da permettere il funzionamento in classe A, il circuito costituisce un amplificatore privo di qualsiasi distorsione, avente un responso di frequenza uniforme su una gamma di frequenze veramente molto ampia.

Gli amplificatori ad accoppiamento diretto vengono usati per l'amplificazione di frequenze molto basse, in quanto l'impedenza degli elementi di accoppiamento (che sono semplici conduttori), non varia col variare della frequenza.

AMPLIFICATORI di POTENZA a BASSA FREQUENZA

Dal momento che l'altoparlante o le cuffie di un ricevitore devono sviluppare una notevole potenza acustica, la valvola amplificatrice finale deve erogare una potenza d'uscita sufficiente. Essa deve però far sì che con tale potenza si abbiano segnali la cui forma d'onda sia il più possibile simile a quella dei segnali di ingresso. Ne consegue che un amplificatore di potenza funzionante con una sola valvola deve essere necessariamente in classe A; se funziona con due valvole in opposizione di fase, può funzionare tanto in classe A quanto in classe AB o B.

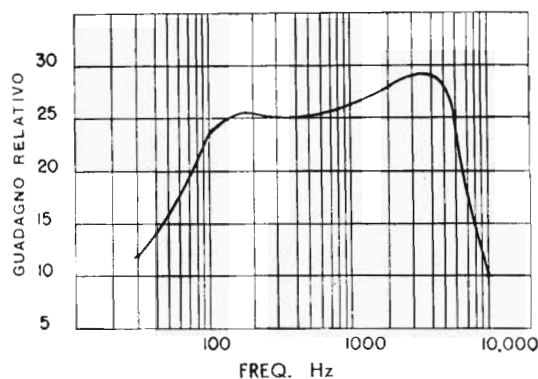



Fig. 10 — Curva con accoppiamento a trasformatore.

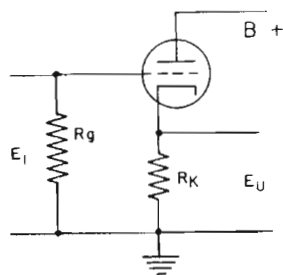



Fig. 11 — Stadio con uscita catodica. Il segnale si sviluppa ai capi di R_k ed è in fase col segnale di griglia. Non amplifica.

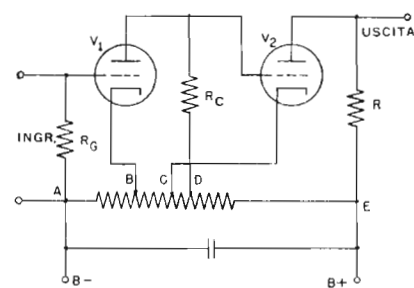



Fig. 12 — Accoppiamento diretto tra due stadi. La griglia di V2, pur essendo collegata alla placca di V1 (positiva), è negativa rispetto al catodo (potenziale relativo).

Come abbiamo già visto, per contenere la distorsione entro un valore minimo, un triodo deve funzionare con un carico la cui impedenza sia eguale al doppio della sua resistenza di placca. I pentodi e le valvole a fascio elettronico, hanno una resistenza di placca di un valore molto più elevato che non i triodi. Per questo si avrebbe una distorsione eccessiva se si mantenessero le medesime proporzioni e cioè il valore del carico pari a due volte quello della resistenza di placca.

Per i pentodi e per le valvole a fascio elettronico di potenza i valori di carico sono perciò enunciati dal fabbricante e variano tra 2.000 e 12.000 ohm, a seconda del tipo di valvola e delle tensioni di funzionamento. Con un così notevole divario di adattamento, la maggior parte di potenza del segnale disponibile viene dispersa nella valvola stessa sotto forma di calore, ma, grazie al notevole fattore di amplificazione, è egualmente possibile ottenere una potenza d'uscita apprezzabile con un segnale di ingresso di valore basso.

Caratteristiche delle valvole di potenza

Poichè in un amplificatore in cascata ogni valvola amplifica la tensione del segnale (in misura minore quelle dell'ultimo stadio) si può correre il rischio che la tensione venga amplificata, prima di essere introdotta nell'amplificatore di potenza, al punto tale che possa verificarsi una considerevole distorsione se la griglia di quest'ultimo diventa positiva o assume il valore di interdizione. Per questo motivo le valvole finali sono progettate in modo da avere una curva caratteristica relativamente rettilinea nonostante le ampie oscillazioni del potenziale di griglia, e da avere, inoltre, una grande sensibilità di potenza. In un amplificatore in classe A, per **sensibilità di potenza** si intende il rapporto tra la potenza d'uscita ed il segnale di griglia che la produce. I triodi di potenza per l'amplificazione in classe A sono caratterizzati da una bassa sensibilità di potenza, da un basso rendimento di placca, e da una bassa distorsione. I pentodi di potenza invece, sono caratterizzati da un'alta sensibilità di potenza, da un alto rendimento di placca e da una distorsione relativamente bassa. Le valvole di potenza a fascio hanno una sensibilità ed un rendimento di placca superiore a quello dei pentodi convenzionali, così come abbiamo visto a suo tempo.

Adattamento dell'impedenza d'uscita

L'impedenza del dispositivo collegato all'uscita di un amplificatore di potenza a Bassa Frequenza può variare da pochi ohm, come ad esempio la bobina mobile di un altoparlante, a diverse migliaia di ohm, come ad esempio alcuni tipi di cuffia. È pertanto necessario l'impiego di un trasformatore allo scopo di presentare un'impedenza di carico adatta al circuito di placca della valvola finale. Il rapporto di spire di tale trasformatore può essere calcolato mediante la radice quadrata del rapporto tra le impedenze. Ad esempio, se un amplificatore deve avere un'impedenza di carico di 7.600 ohm, e deve provvedere al funzionamento di una serie di cuffie avente un'impedenza totale di 600 ohm, il rapporto tra le spire deve essere pari a $\sqrt{\dfrac{7.600}{600}}$

Il trasformatore è quindi in discesa, con rapporto di 3,56 : 1.

Valvole finali in parallelo

Uno dei metodi per ottenere una potenza d'uscita maggiore di quella ottenibile con una sola valvola consiste nel collegarne due in parallelo. Si può realizzare ciò, semplicemente collegando tra loro gli elementi simili, ossia la placca con la placca, la griglia con la griglia ed il catodo con il catodo. In questo caso le due valvole si comportano come un'unica valvola con una capacità di corrente pari al doppio di una valvola singola.

Nel calcolo del valore della resistenza di polarizzazione per le valvole in parallelo, è necessario ricordare che la resistenza porta la corrente di entrambe le valvole, per cui il suo valore deve essere la metà di quello necessario per una valvola sola. Anche la possibilità di dissipazione di potenza varia, e deve essere il doppio. Inoltre, dal momento che le due valvole sono in parallelo, la resistenza di placca effettiva, R_p, è la metà (la capacità distribuita, C_d, è il doppio). Perciò, per ottenere il massimo rendimento di potenza, il valore del carico deve essere pari alla metà di quello adatto per una valvola singola.

Amplificatori di potenza in controfase

Un altro sistema per ottenere una potenza maggiore d'uscita che con una sola valvola è stato già da noi esa-

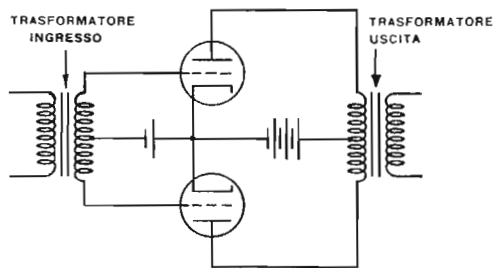



Fig. 13 — Stadio finale in « push-pull » con ingresso e uscita a trasformatore. Il primo trasformatore fornisce il segnale alle griglie con polarità opposta, ed il secondo integra le due uscite in un unico segnale.

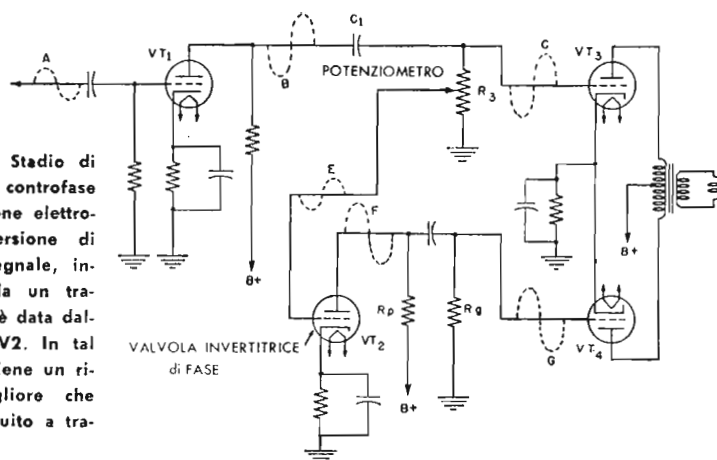



Fig. 14 — Stadio di uscita in controfase con inversione elettronica. L'inversione di fase del segnale, invece che da un trasformatore, è data dalla valvola V2. In tal modo si ottiene un risultato migliore che non col circuito a trasformatore.

minato e consiste nel collegarne due in opposizione di fase o « push-pull », nel qual caso le valvole, come abbiamo visto, possono funzionare in classe A, AB o B a seconda della potenza desiderata. Nel caso di funzionamento in classe B, si usa un triodo di potenza funzionante in classe A per fornire alle griglie il segnale necessario; si preferisce un triodo a causa della sua bassa impedenza di placca.

Il metodo più comune per pilotare un amplificatore a « push-pull » consiste nell'uso di un trasformatore bilanciato con presa centrale, come illustrato nella figura 9-B.

Tale circuito soddisfa l'esigenza che ha ogni valvola di essere pilotata con tensioni di eguale ampiezza ma con sfasamento di 180°. Un pilotaggio di tal genere però può essere egualmente ottenuto, come vedremo tra breve, con un accoppiamento RC mediante un circuito di inversione di fase. Un circuito di stadio a « push-pull » è illustrato alla **figura 13**. Le due griglie sono collegate ai terminali opposti del trasformatore d'entrata: i catodi sono collegati insieme, e la polarizzazione catodica può essere ottenuta collegandoli entrambi a massa attraverso un'unica resistenza così come si è visto per le valvole in parallelo. Le due placche, a loro volta, sono collegate ai terminali opposti dell'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita che provvede all'adattamento delle impedenze.

Due valvole collegate in controfase equivalgono a due valvole in serie; pertanto, il primario del trasformatore d'uscita deve avere caratteristiche tali che ogni metà dell'avvolgimento costituisca il carico adatto per ogni singola valvola. Da ciò, la necessità che l'impedenza totale tra i terminali dell'intero avvolgimento, ossia tra placca e placca, sia il doppio dell'impedenza necessaria per una sola valvola.

Dal momento che il trasformatore di ingresso inverte la polarità ad ogni semiperiodo, ogni griglia funziona alternativamente durante una sola metà di ogni ciclo del segnale. La corrente combinata che scorre attraverso il primario è la somma delle correnti separate che scorrono attraverso le due valvole. Tale corrente combinata forma una sinusoide completa ai capi dell'avvolgimento secondario. Come si è detto, in un amplificatore di potenza a Bassa Frequenza, lo stadio finale in controfase può funzionare sia in classe A che in classe AB, che in classe B, con minima distorsione.

Nel caso del « push-pull » in classe A, le due valvole producono una potenza pressochè pari a quella di tre valvole in parallelo; in classe B l'aumento di potenza è anche maggiore. I circuiti in controfase hanno inoltre il grande vantaggio che tutte le eventuali distorsioni armoniche ed il rumore di fondo residuo (ronzio) proveniente dalle cellule filtranti dell'alimentazione anodica, vengono eliminati poichè le correnti che scorrono nelle due metà del primario del trasformatore d'uscita sono eguali e di segno contrario e quindi si annullano reciprocamente. Per il medesimo motivo viene eliminato ogni effetto magnetico nei confronti del nucleo del trasformatore stesso.

Circuiti d'ingresso per controfase con accoppiamento RC

Allo scopo di evitare l'uso di un trasformatore di ingresso e di sfruttare il migliore responso di frequenza che il sistema di accoppiamento RC consente, l'ingresso di un « push-pull » può essere effettuato mediante un circuito invertitore di fase, col quale una valvola singola viene accoppiata all'ingresso di due valvole in controfase. Detto inversore è necessario in quanto i due segnali di ingresso devono essere di ampiezza eguale e di polarità invertita. Se la griglia di una valvola riceve un segnale di ampiezza maggiore di quello ricevuto dall'altra, il segnale d'uscita risulta distorto.

Seguiamo il segnale attraverso l'amplificatore illustrato alla **figura 14**. Notiamo che il segnale rappresentato dalla lettera *A*, viene applicato alla griglia di VT_1, ed appare amplificato ed invertito nel punto *B* del circuito di placca. Il segnale viene poi applicato alla griglia di VT_3 attraverso il condensatore C_1. La resistenza R_3, resistenza di griglia di VT_3 è un potenziometro: il suo cursore viene regolato in modo che il segnale *E* applicato alla griglia di VT_2 abbia la medesima ampiezza del segnale *A*.

È importante notare che il segnale *F* è invertito di fase rispetto ad *E*, per cui sussistono le condizioni necessarie al funzionamento del « push-pull », ossia i segnale *C* e *G* presenti sulle griglie delle valvole finali sono di eguale ampiezza e di fase opposta.

COSTRUZIONE di un VOLTMETRO a VALVOLA

Circuito e montaggio

ANALISI del CIRCUITO

Il voltmetro elettronico modello V-7A è stato realizzato per l'impiego da parte di progettisti, tecnici e riparatori, per l'esecuzione di misure di precisione di valori di tensione in c.c. (negativi e positivi), valori efficaci e di picco di tensione in c.a., nonchè per misure di resistenza.

Le sue caratteristiche sono tali da consentire la rapida misura di tensioni e di resistenze in ogni campo dell'elettronica. Ne risulta quindi vantaggioso l'impiego in un laboratorio nel quale si richiedano misure di una certa precisione.

Lo strumento è stato realizzato in maniera semplice e robusta, tale praticamente, da riunire in una sola unità le prestazioni di molti strumenti.

Come si nota osservando il circuito elettrico di **figura 1**, la sezione di alimentazione non è stabilizzata. Abbiamo infatti appreso alla lezione precedente che ciò non è necessario, specie nei casi in cui il voltmetro a valvola si basa su di un circuito bilanciato. L'alimentazione è prevista per 105-125 volt c.a.: di conseguenza, ove non si disponga di questo valore di tensione di rete, è indispensabile l'uso di un autotrasformatore o trasformatore della potenza di 10-15 watt per adeguare il voltaggio.

La rettificazione della tensione alternata avviene su una sola semionda, ad opera di un rettificatore ad ossido, e la tensione pulsante così ricavata viene livellata da un solo condensatore elettrolitico della capacità di 16 μF.

La tensione anodica è disponibile ai capi di un partitore di tensione del quale fa parte un potenziometro il cui compito verrà tra breve considerato. Il secondario a bassa tensione provvede a fornire la tensione necessaria, (6 volt circa) per le valvole 6AL5 e 12AU7, e per la lampada spia presente sul pannello.

Per ottenere la massima sensibilità e stabilità di funzionamento, il voltmetro impiega circuiti a valvola per tutti i tipi di misure che esso consente di effettuare.

Lo strumento indicatore, avente una sensibilità di 200 microampère a fondo scala, è inserito nel circuito di catodo del doppio triodo 12AU7. Il controllo dell'indicazione di « zero » (« zero adjust »), costituito da un potenziometro da 10 kohm posto tra i due catodi della stessa valvola, stabilisce il bilanciamento tra le correnti anodiche dei due triodi in essa contenuti, in modo che — allorchè nessuna tensione viene applicata alla griglia controllo (piedino N. 2) — la caduta di tensione presente ai capi delle due parti del potenziometro (ossia ai lati del cursore), è eguale. In queste condizioni si ha l'azzeramento del ponte formato dai due triodi e dalle rispettive resistenze catodiche, per cui lo strumento indica zero. Quando invece alla griglia controllo viene applicata una tensione, il ponte perde immediatamente le condizioni di equilibrio, e lo strumento dà una certa indicazione.

Si tratta, in sostanza, di un circuito basato sul principio illustrato nelle figure 5 (A e B) e 6, a pag. 421 e 422.

La relazione che intercorre tra la tensione applicata alla griglia controllo e l'indicazione dello strumento è lineare: in altre parole, una data tensione di ingresso provoca una determinata deviazione dell'indice, ed una tensione doppia provoca una deviazione doppia. Di conseguenza anche la scala dello strumento ha un andamento lineare.

Il vantaggio offerto da una misura effettuata con uno strumento di questo tipo è che la tensione incognita non viene applicata direttamente allo strumento, bensì all'ingresso di un circuito a valvola. Dal momento che il valore della relativa corrente anodica è contenuto entro certi limiti, l'equipaggio mobile dello strumento stesso resta automaticamente protetto contro eventuali sovraccarichi.

La massima tensione di ingresso che può essere applicata ad uno dei triodi della 12AU7 è di circa 3 volt. Tutte le eventuali tensioni di valore superiore vengono ridotte mediante un partitore, che funge da attenuatore di ingresso (e che, abbinato ad altre sezioni, costituisce il commutatore di portata), la cui resistenza complessiva ammonta a 11 Megaohm.

Allo scopo di non caricare gli eventuali circuiti a radiofrequenza sui quali si effettuano le misure, nel puntale « DC » (= c.c.) è incorporata una resistenza addizionale del valore di 1 Mohm. Per misure in C.A., viene impiegato un doppio diodo del tipo 6AL5 in un circuito di rettificazione di due semionde; tale diodo fornisce una c.c. di intensità proporzionale all'ampiezza della tensione alternata applicata.

Essa costituisce il segnale di ingresso della 12AU7 alla quale perviene attraverso il partitore di ingresso. Lo strumento indica il passaggio di corrente, nel modo precedentemente descritto.

Le scale adatte alle misure in C.A. sono tarate sia in valori efficaci che in valori di picco. Nelle portate 1,5 - 5 - 15 e 150 volt, tutta la tensione a C.A. da misurare viene applicata all'ingresso della valvola raddrizzatrice a due semionde 6AL5. Per contro, nelle posizioni 500 e 1.500 volt, un apposito partitore riduce detta tensione di ingresso ad un valore di sicurezza adatto alle caratteristiche della valvola.

Fig. 1 — Circuito elettrico del voltmetro a valvola mod. V-7A. Il circuito è del tipo a ponte, ossia bilanciato. In assenza di segnale sulla griglia sussiste l'azzeramento ottenuto a mezzo dei potenziometri di taratura. Qualsiasi tensione applicata alla griglia turba l'equilibrio del ponte e determina una d.d.p. tra i catodi dei due triodi. Tale d.d.p. è indicata dallo strumento.

Caratteristiche generali:

7 portate per misura di tensioni continue: 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1.500 volt fondo scala. (In queste portate è possibile la inversione di polarità internamente allo strumento). La portata massima può essere estesa a 30.000 volt con sonda esterna.

Sensibilità: 7.333.333 ohm/volt.

Circuito: bilanciato.

Precisione: ± 3% fondo scala.

7 portate per misura di tensioni alternate in valore efficace: 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1.500 volt fondo scala.

Responso alla frequenza: fino a 7,2 MHz su 600 ohm).

Precisione: ± 5% fondo scala.

7 portate per misura di tensioni alternate in valore di picco: 4 - 14 - 40 - 140 - 400 - 1.400 - 4.000 volt fondo scala.

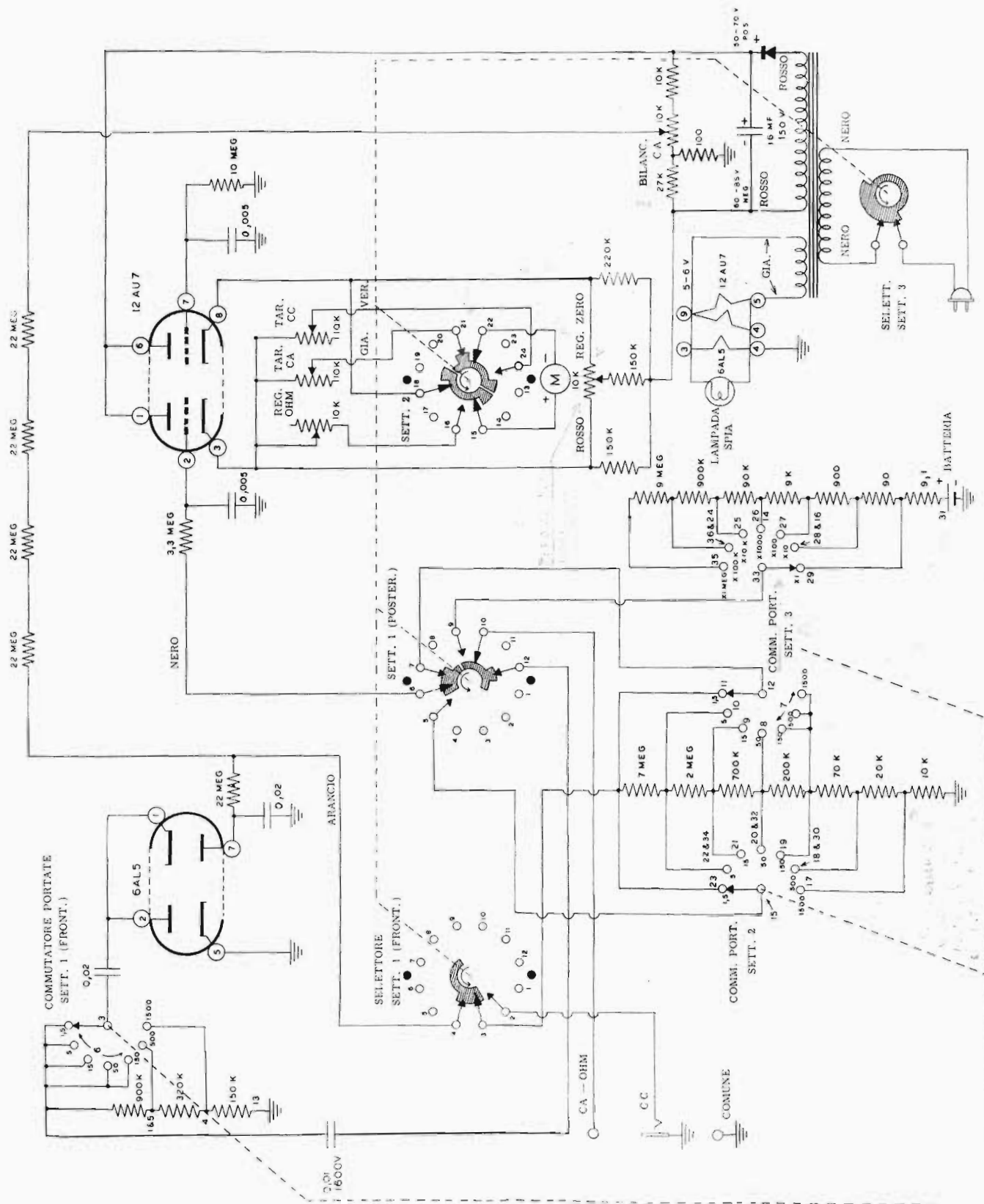
7 portate ohmetriche: ×1 - ×10 - ×100 - ×1.000 - ×10.000 - ×100.000 - ×1.000.000.

Strumento: 200 microampère f. s.

Valvole: 12AU7 - 6AL5.

Batteria: 1,5 volt a torcia.

Alimentazione: 105-125 volt - 50-60 Hz - 10 watt.

Fig. 2 — Aspetto della basetta a circuito stampato, vista dal lato dei collegamenti. In cerchi tratteggiati sono indicate le posizioni dei tre potenziometri di taratura. I terminali dei vari componenti devono essere inseriti nei fori visibili nelle zone nere, e fissati mediante saldatura. Viene montata su un apposito supporto.

In normali condizioni di impiego, non è possibile applicare alla 6AL5 tensioni superiori a 150 volt. Le caratteristiche di progettazione del voltmetro proteggono ulteriormente la valvola ed i suoi circuiti associati.

Si noti a tale proposito che se — sia pure accidentalmente — si misura una tensione superiore a 400 volt allorchè il commutatore di portata è in posizione « 150 volt », la valvola 6AL5 si deteriora irrimediabilmente.

Quando si effettua una misura, come è stato detto alla lezione teorica sui voltmetri a valvola, è sempre necessario iniziare con la portata più alta, e scendere mano a mano finchè la deviazione dell'indice sia tale da consentire una lettura comoda ed esatta: questo, a meno che l'ammontare della tensione di misura non sia già noto con buona approssimazione.

Il comando di taratura per C.A. (« A.C. calibrate ») viene usato per ottenere una deflessione dell'indice dello strumento esatta, in rapporto al valore della tensione a C.A. applicata. Come è noto, le valvole sviluppano tra gli elettrodi un potenziale di contatto: tale potenziale, presente anche nel diodo, determina la presenza costante di una leggera tensione. Detta tensione viene bilanciata applicando una seconda tensione, di polarità opposta, di « neutralizzazione »; l'entità relativa è stabilita dal comando di bilanciamento della C.A. (il potenziometro che abbiamo visto far parte del divisore di tensione presente all'uscita del circuito di alimentazione). Essa evita lo spostamento dello zero allorchè si commuta da C.C. a C.A.

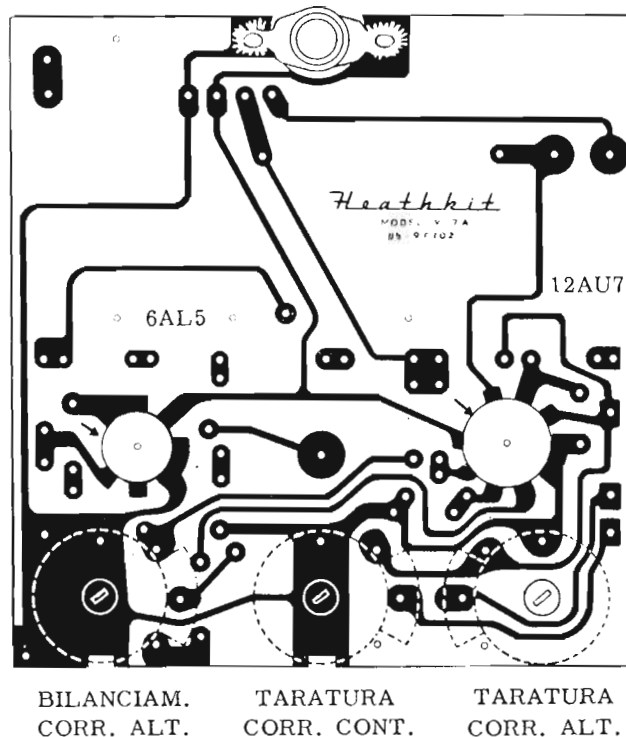
Abbiamo visto nella lezione precedente come sia possibile abbinare ad un voltmetro elettronico un circuito ohmetrico; lo strumento che quì descriviamo consente anche la misura di resistenze entro una gamma molto ampia, e cioè da un minimo di 0,1 ohm, ad un massimo di 1.000 Mohm. A tale scopo viene collegata una batteria da 1,5 volt attraverso una catena di moltiplicatori e la resistenza di valore incognito. Ai capi della batteria viene così a formarsi un partitore di tensione; solo una parte di tensione viene applicata al doppio triodo.

Per questo particolare tipo di misura, lo strumento è provvisto di una scala apposita tarata direttamente in ohm, avente il valore « 10 » al centro.

REALIZZAZIONE

Il lettore non è nuovo alla realizzazione di apparecchiature disponibili sotto forma di scatole di montaggio, per cui, anche in questo caso, valgono tutte le considerazioni enunciate per i montaggi precedenti.

Innanzitutto questo strumento, così come viene posto in commercio, è caratterizzato dalla presenza di un circuito stampato. Già in altra occasione abbiamo citato questo sistema di cablaggio, ed il lettore che vorrà realizzare il voltmetro quì descritto non potrà non constatare quanto pratica e razionale sia questa applicazione. La tecnica dei circuiti stampati — tra l'altro — sarà a suo tempo oggetto di una dettagliata lezione.

I vari componenti da fissare alla basetta a circuito stampato (vedi **figura 2**) sono provvisti di terminali che andranno inseriti nei fori relativi, dopo di che si provvederà ad effettuare la saldatura tra il terminale stesso ed il sottile strato di rame depositato sulla basetta isolante. Una volta effettuate tutte le saldature, non rimarrà che tagliare la parte in eccesso di ogni singolo terminale, senza però compromettere la robustezza delle saldature, mediante l'aiuto di un buon tronchesino.

Sappia, chi intende effettuare questa realizzazione, che la massima parte del buon esito dipende da come le saldature vengono effettuate. I contatti tra i singoli componenti devono essere assolutamente sicuri, e devono offrire la minima resistenza. Sarà bene non abbondare eccessivamente nella quantità di stagno, ed assicurarsi che la lega fusa si distribuisca bene sulle superfici interessate, dopo di che, prima di provare con la trazione la resistenza meccanica della saldatura, si attenderà che lo stagno depositato si sia perfettamente solidificato.

È indispensabile usare una lega al 40/60, e la migliore soluzione consiste nell'adottare lo stagno preparato, con anima in resina. Il saldatore da usare potrà essere da 50 watt, con punta sottile.

IL MONTAGGIO MECCANICO

Innanzitutto, prima ancora di iniziare il montaggio del pannello, è opportuno distendere sul banco di lavoro un panno. Ciò eviterà che, durante gli inevitabili spostamenti che il pannello stesso dovrà subire nelle varie operazioni — si verifichino sulla sua superficie delle abrasioni che ne deturperebbero l'estetica.

L'aspetto delle varie parti meccaniche (chassis, pannello, mobiletto, ecc.) è tale da non dare adito a dubbi circa la relativa posizione. I vari comandi, ossia i commutatori, potenziometri, ecc., potranno essere senz'altro fissati al loro posto, salvo l'opportunità in seguito di toglierli provvisoriamente per effettuare qualche saldatura.

Fig. 3 — Disegno rappresentante il commutatore di portata. Sono visibili i tre settori, e le posizioni delle varie resistenze: le resistenze contrassegnate con « A » devono essere sistemate in modo tale da non creare attrito con l'albero rotante.

Osservando il pannello anteriormente, si noterà che al di sotto dello strumento si trovano: a sinistra, il controllo di regolazione dello zero (potenziometro da 10 kohm), e a destra, il controllo di azzeramento dell'ohmetro (anch'esso da 10 kohm). Più in basso abbiamo: a sinistra, il selettore dei vari circuiti, al quale è abbinato l'interruttore di accensione. Si tratta di un commutatore facilmente riconoscibile, in quanto l'albero di comando può assumere 5 posizioni a scatto, ed il tutto è costituito da tre settori uno dei quali, e precisamente il più vicino alla piastrina metallica di supporto, doppio. Immediatamente alla sua destra, viene installato il commutatore delle portate, simile al precedente, ma di lunghezza maggiore. Esso inoltre può assumere 7 posizioni a scatti e consta anch'esso di tre settori.

Le figure che completano la presente descrizione, potranno, previo un attento esame, essere di guida per il fissaggio delle varie parti meccaniche, nonchè per riconoscere l'orientamento degli zoccoli delle valvole, degli stessi commutatori, e di tutti gli altri componenti che devono essere installati prima di completare i vari circuiti.

Tutte le viti ed i relativi dadi dovranno essere strette a fondo, ed in modo particolare quelle cui fanno capo i collegamenti di massa.

Una volta allestito — per così dire — il telaio che supporta l'intero strumento, si può iniziare ad effettuare i collegamenti elettrici.

IL MONTAGGIO ELETTRICO

Cablaggio del commutatore di portata. Quest'organo, che, praticamente costituisce il « cuore » dell'intero strumento, può essere convenientemente montato a parte, come unità a sè stante. La **figura 3** illustra la disposizione relativa dei vari settori, nonchè quella dei vari componenti annessi.

Nel montaggio delle varie resistenze, è buona norma fare in modo che i valori eventualmente stampigliati sul corpo siano sempre rivolti verso l'esterno. In tal modo, a montaggio ultimato, sarà più facile effettuare un controllo accurato prima di procedere al collaudo ed alla messa a punto.

Si tenga presente che il commutatore è un organo che, per quanto robusto, deve tuttavia essere trattato con la massima delicatezza, onde non compromettere la sicurezza dei contatti mobili. Le linguette alle quali fanno capo le diverse resistenze non devono essere piegate violentemente, nè sottoposte a forte trazione. I settori devono essere perfettamente allineati tra loro, e ciò è facilmente constatabile controllando che, allorchè in uno dei settori il contatto scorrevole è centrato rispetto al contatto fisso corrispondente, tale corrispondenza sussista anche negli altri settori. In caso contrario una leggera torsione, alla quale farà seguito un controllo del serraggio dei prigionieri, sarà sufficiente a porre rimedio all'inconveniente.

Una volta applicate al commutatore tutte le resistenze costituenti il controllo di portata, l'intero complesso potrà essere fissato al pannello.

Montaggio del pannello: il pannello, grazie alla sua rigidità, agisce da supporto dell'intero apparecchio. Prima di procedere alla posa dei vari collegamenti, è opportuno preparare il circuito stampato, illustrato in **figura 4.** In essa sono visibili i vari componenti distribuiti sulla piastrina isolante, ed i tre potenziometri di taratura (bilanciamento C.A., taratura C.C. e taratura C.A.).

La **figura 5** illustra la basetta interamente montata; sarà facile al lettore riconoscere i vari componenti e le relative posizioni. La valvola più piccola, ossia il doppio diodo 6AL5, è visibile a sinistra, ed il doppio triodo 12AU7 è invece visibile a destra. Nell'angolo a destra è installato il rettificatore ad ossido (blocchetto nero). Tra le due valvole si scorge la batteria da 1,5 volt, che deve essere inserita col polo positivo nella calotta, ed il polo negativo contro la molla di pressione.

La posizione del trasformatore di alimentazione è anch'essa individuabile osservando la figura 5. Inoltre, la **figura 6** è un disegno schematico dell'intero pannello, con tutti i suoi componenti. Per semplicità sono stati omessi in questa figura alcuni collegamenti. In ogni modo, una volta installati i vari organi al loro posto, il circuito elettrico deve essere — in linea di massima — l'unica guida vera e propria per effettuare il montaggio elettrico.

Il rettificatore al selenio deve essere montato sulla basetta a circuito stampato nel modo indicato in figura 6, ossia sul lato posteriore, con i terminali sporgenti attraverso le aperture predisposte. Detti terminali devono essere ripiegati e saldati ai collegamenti relativi sulla basetta stessa. Si noterà che uno di detti terminali sporge al di fuori del bordo. Esso deve in seguito essere tagliato in modo che non sporga più; ciò costituisce un particolare di notevole importanza in quanto, in caso contrario, può verificarsi un cortocircuito verso massa una volta introdotto l'apparecchio montato nella sua custodia metallica.

Il trasformatore di alimentazione deve anch'esso essere montato sulla basetta a circuito stampato, nel modo indicato in figura 4. Il fianco dal quale sporgono i quattro terminali dei due secondari deve essere all'interno, mentre i terminali del primario, (entrambi rivestiti di materiale isolante nero) devono trovarsi verso l'esterno.

La vite più vicina allo zoccolo della valvola 6AL5 viene inserita dal lato della basetta sul quale sono stampati i collegamenti. Ciò allo scopo di assicurare uno spazio sufficiente all'alloggiamento per lo strumento indicatore, quando la basetta stessa viene applicata al telaio.

Ovviamente, chi effettua il montaggio potrà avvantaggiarsi delle figure riportate; tuttavia è sempre indispensabile controllare con molta cura che ogni collegamento corrisponda esattamente al circuito elettrico riportato in figura 1. Questo controllo renderà evidente un eventuale errore nell'orientamento di uno degli organi. Infatti, in fase di progetto, la disposizione di ogni singolo componente è stata studiata in modo da consentire collegamenti di lunghezza minima, al fine di evitare resistenze e capacità o induttanze parassite.

Nella figura 6 sono visibili anche le posizioni delle tre boccole separate, alle quali deve essere collegato il puntale a seconda che si effettui una misura in C.A., in C.C. o di resistenza.

Nella figura citata è visibile anche il cavo multiplo che allaccia il pannello al circuito elettronico vero e proprio. Le indicazioni dei colori devono essere rigorosamente rispettate onde evitare errori.

Nei circuiti in cui le esigenze di isolamento sono di un certo rigore, è necessario che i conduttori dei collegamenti oltre che già isolati di per se stessi, siano ricoperti di tubetto sterlingato, il quale deve coprire, in quei casi, tutta la lunghezza del collegamento. Tale norma dovrà essere adottata nei collegamenti interessanti la sezione del pannello, per evitare qualsiasi possibilità di arco tra due conduttori o tra un conduttore e parti metalliche.

L'ultimo organo che deve essere montato sul pannello è lo strumento propriamente detto. Prima di ciò, è necessario togliere le linguette per la saldatura dei terminali. Evitare la rotazione della vite prigioniera, e serrare la linguetta, dopo la saldatura, tra il dado ed il controdado di ognuno dei due poli.

La **figura 7** illustra l'apparecchio, completamente montato, visto dal di dietro.

La **figura 8** illustra il gioco di contatti che si verifica nei tre settori del selettore, relativo alle posizioni « CC+ », « CC — » ed « OHMS ». I numeri di riferimento, riportati anche sullo schema, sono utili per evitare errori nei collegamenti.

Un particolare della massima importanza, una volta terminato il collegamento elettrico tra i vari organi, è l'inserimento delle valvole nel relativo portavalvola. Le valvole miniatura, sono — come è facile osservare — completamente prive di zoccolo. I piedini di collegamento escono infatti direttamente dal bulbo di vetro. Se ciò ne diminuisce le dimensioni totali di ingombro, ne aumenta per contro la delicatezza. Nell'inserirle è quindi indispensabile avere la massima cautela, e tener conto della posizione obbligata dei piedini. Uno sforzo eccessivo può causare la rottura anche superficiale del vetro, ed immettere

Fig. 4 — Aspetto della basetta a circuiti stampati, dopo il montaggio dei vari componenti. I colori dei vari conduttori uscenti dal cavo multiplo sono indicati con sigle: devono essere rigorosamente rispettati onde evitare inversioni che impedirebbero il funzionamento dell'intero strumento. Si noti la posizione dei portavalvola.

aria all'interno. In questa eventualità, la valvola sarebbe inevitabilmente deteriorata.

Dopo aver ultimato tutte le operazioni che quì sono riassunte, e che sono elencate molto più dettagliatamente nelle istruzioni che accompagnano la scatola di montaggio nella sua versione commerciale, si può procedere alla preparazione dei puntali di prova.

PREPARAZIONE dei PUNTALI

Puntale comune: il puntale comune viene preparato connettendo la banana nera ad un capo del filo nero, ed una

Fig. 5 — Aspetto dello chassis contenente il circuito elettronico. In esso è alloggiato il circuito stampato. Sono visibili le valvole, la batteria, il trasformatore di alimentazione ed il raddrizzatore. Terminato il montaggio, viene fissato posteriormente al pannello.

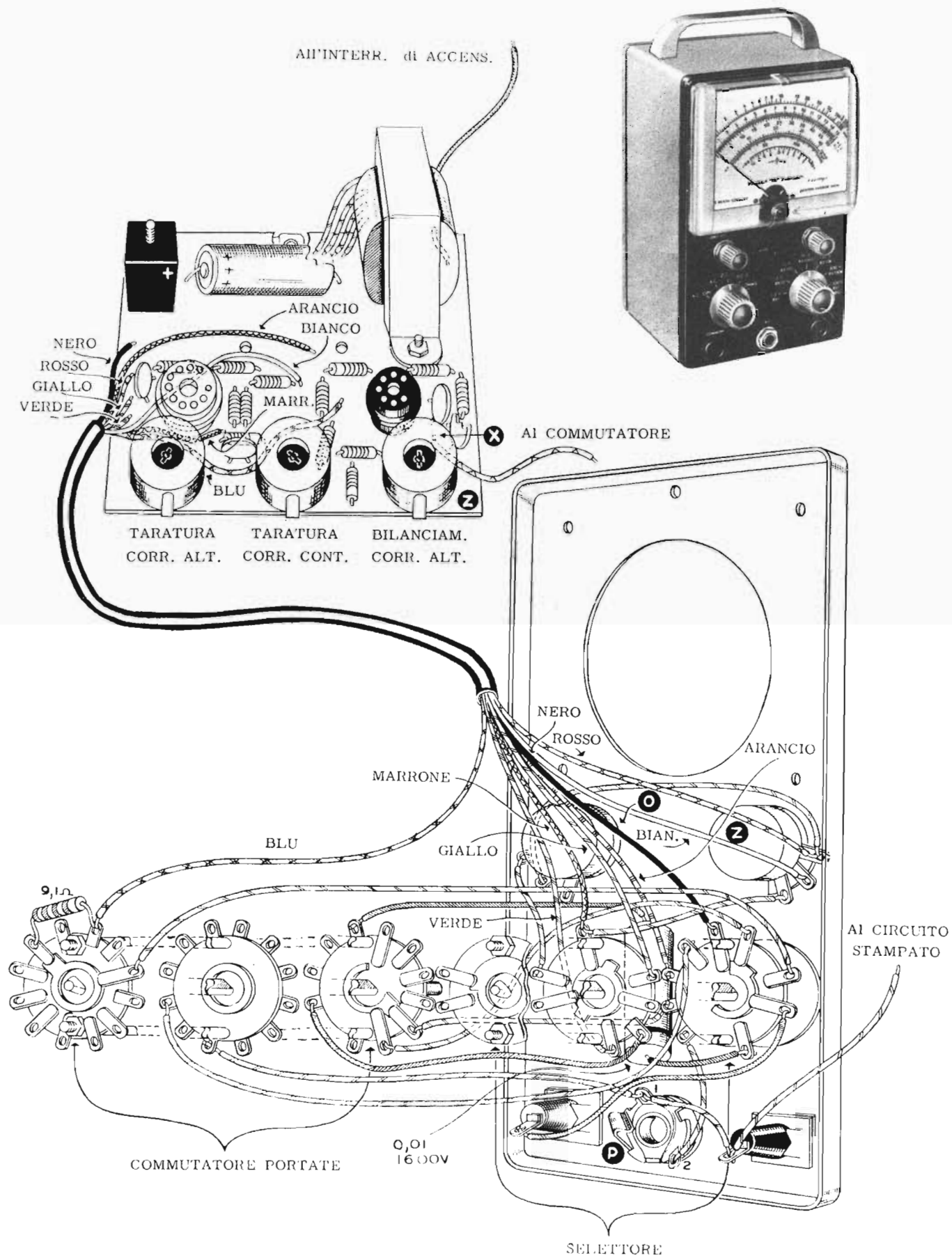



Fig. 6 — Disegno schematico del pannello visto posteriormente. Sono visibili i vari comandi, ed i commutatori (selettore e di portata) in rappresentazione « esplosa ». Il cavo multiplo flessibile allaccia il pannello al circuito elettronico montato sulla basetta a circuito stampato. In alto, a destra, è visibile l'apparecchio finito, nel suo aspetto commerciale.

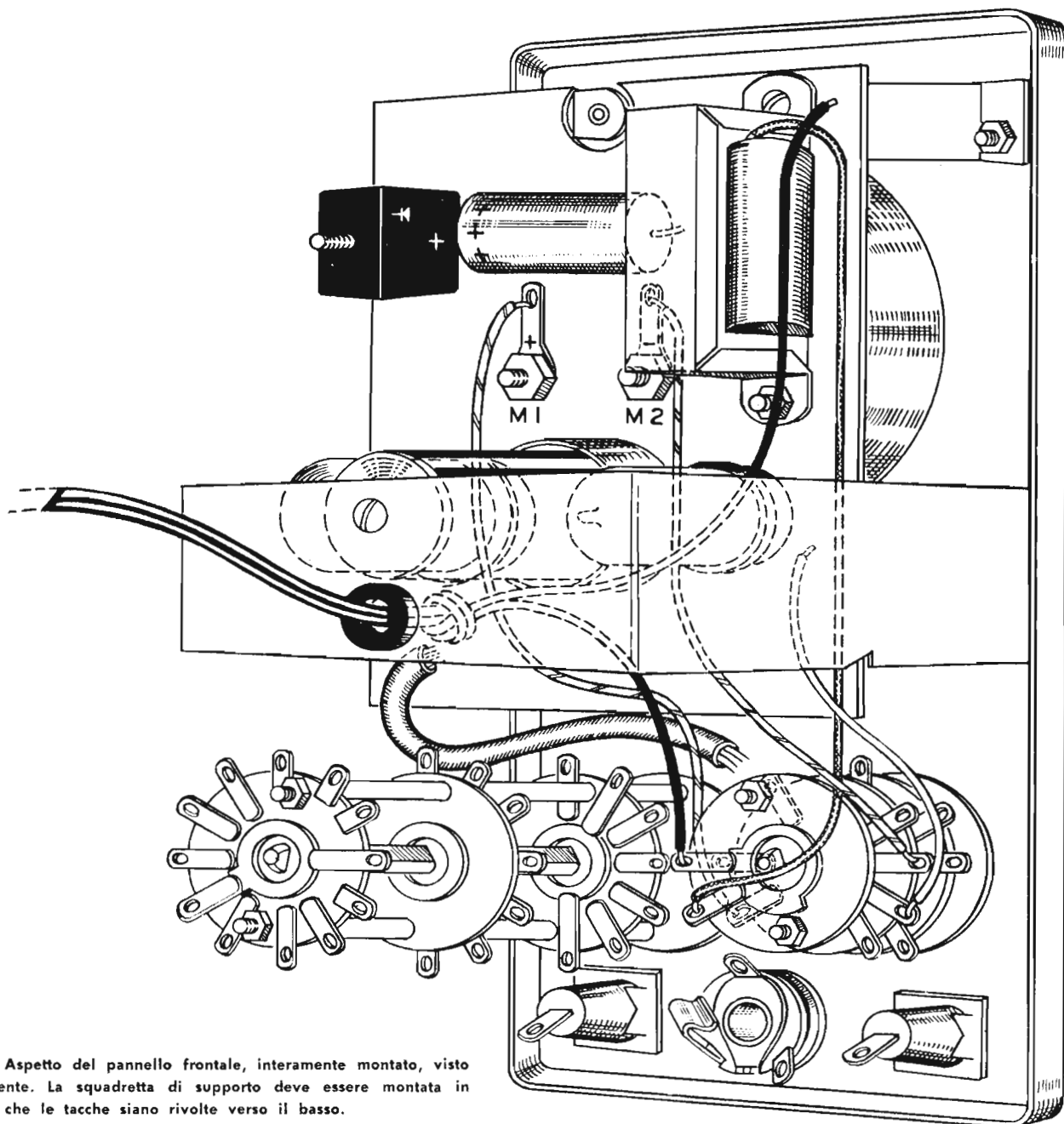



Fig. 7 — Aspetto del pannello frontale, interamente montato, visto posteriormente. La squadretta di supporto deve essere montata in modo tale che le tacche siano rivolte verso il basso.

« pinza a coccodrillo » al capo opposto. La **figura 9 A** indica i particolari. La banana viene a sua volta preparata denudando per qualche millimetro il capo del filo flessibile, ed inserendo la parte nuda nella parte posteriore del corpo metallico della banana stessa. Prima di compiere questa operazione, è bene stagnare l'estremità del cavo da introdurre, onde aumentarne la rigidità. Il filo viene quindi fissato stringendo a fondo l'apposita vite, dopo di che si può rimettere a posto l'impugnatura isolata.

Questo puntale deve sempre essere collegato a massa nell'apparecchiatura in cui si effettuano le misure.

Puntale C.C. Il puntale c.c. viene preparato connettendo la spina per cuffia (del tipo a « jack ») ad un capo del filo schermato. Il filo interno fa capo alla punta della spina, mentre la calza schermata deve essere saldata al terminale del corpo cilindrico della spina stessa. All'altro capo si salda una resistenza da 1 Mohm, che viene poi inserita nel puntale nero, come illustrato nella figura 9 **B**. È della massima importanza che detta calza metallica non tocchi nè la resistenza, nè la saldatura. Essa non deve essere collegata a nulla all'interno del puntale, in quanto, come collegamento di massa agli effetti della schermatura, è sufficiente il collegamento nella spina a « jack » all'altro capo. Una volta effettuate tutte le saldature, non rimane che inserire l'impugnatura isolante del puntale, senza applicare alcun isolamento a base di nastro adesivo o altro. Ciò potrebbe apportare dispersioni tra la calza e la resistenza, compromettendo l'esattezza delle letture.

Puntale C.A. e OHM: questo puntale viene preparato analogamente ai precedenti, connettendo la banana rossa ad un capo del filo flessibile rosso, ed il puntale rosso al capo opposto, come indicato nella figura 9 **C**.

Quest'ultima serie di operazioni completa il montaggio vero e proprio. Una volta fissata la maniglia al mobiletto metallico, non resta che provvedere ad un accurato con-

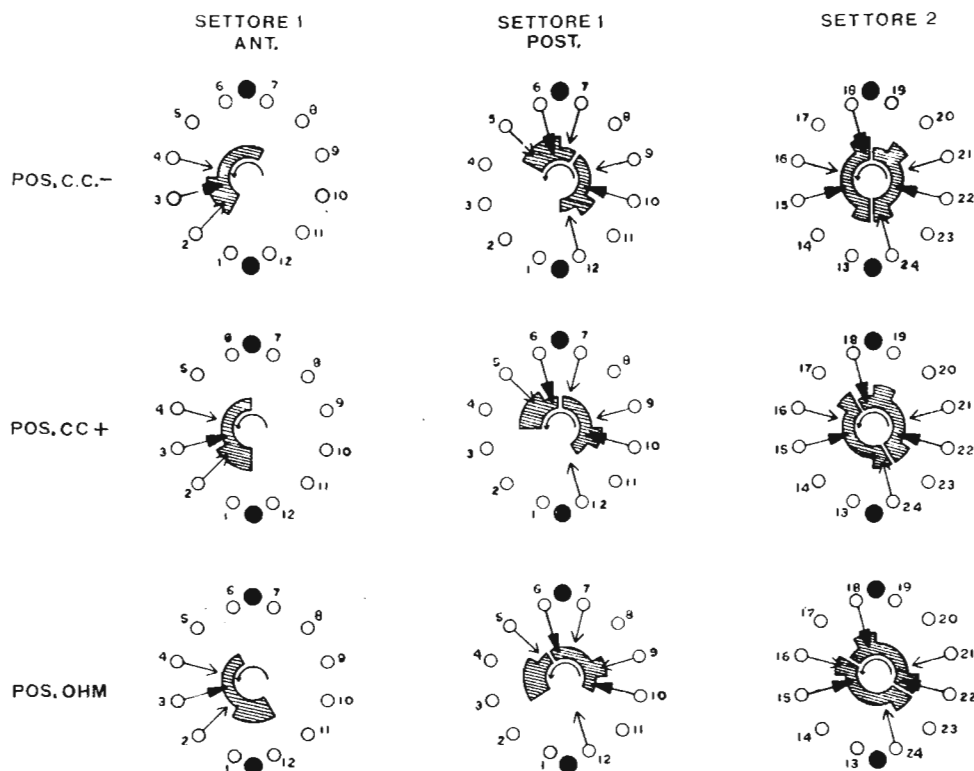



Fig. 8 — Schema dei settori del selettore. Sono rappresentate le tre posizioni relative alle tre possibilità di impiego. I numeri di riferimento ai vari contatti, riportati anche sullo schema elettrico, faciliteranno notevolmente il lavoro di montaggio.

trollo di tutto il circuito. Verificare, innanzitutto, che non vi siano cortocircuiti sull'alimentazione, che non vi siano inversioni di collegamento sul trasformatore di alimentazione, e che tutte le saldature siano state effettuate a regola d'arte.

Il controllo del circuito, seguendo sullo schema elettrico tutti i collegamenti effettuati e verificandoli sull'apparecchio costruito, può essere fatto con l'aiuto di un ohmetro, mediante il quale, oltre a controllare che le varie resistenze siano effettivamente quelle relative alle varie posizioni, è possibile controllare eventuali mancanze di isolamento, e la continuità di ogni singolo collegamento.

Il lettore non si stanchi di effettuare questo controllo, che — specie nel caso che ciò costituisca la sua prima esperienza di montaggio complesso — gli eviterà certamente laboriose ricerche in seguito. Le operazioni di messa a punto e collaudo sono oggetto della lezione successiva.

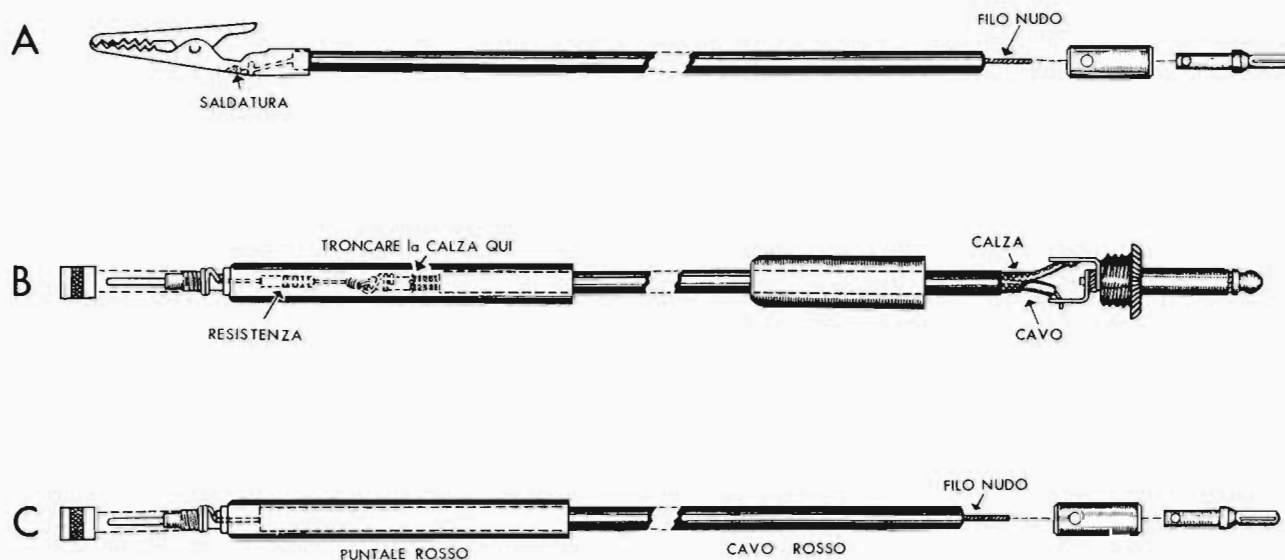



Fig. 9 — Montaggio dei puntali di prova: in A è rappresentato il puntale comune, provvisto da un lato di una comune banana, e dall'altro di una pinza a « coccodrillo » per il collegamento alla massa metallica dell'apparecchio su cui si effettuano le misure. In B è rappresentato il puntale nero, provvisto di un cavetto schermato. La spina è del tipo telefonico a « jack » bipolare, ed è indicata la posizione del contatto corrispondente alla calza metallica (massa). Internamente al puntale è montata una resistenza da 1 Mohm, che deve essere assolutamente isolata dalla massa. In C è rappresentato il puntale rosso (per corrente alternata e resistenze).

DOMANDE sulle LEZIONI 55ª e 56ª

N. 1 —
Cosa si usa per inviare all'ingresso di uno stadio il segnale uscente da un altro stadio?
N. 2 —
In cosa consiste un accoppiamento del tipo RC?
N. 3 —
In cosa consiste il responso alla frequenza in uno stadio di amplificazione, o in un intero amplificatore?
N. 4 —
Quali sono le cause che determinano una diminuzione del responso nei confronti delle frequenze più elevate?
N. 5 —
Quali sono le cause che determinano una diminuzione del responso nei confronti delle frequenze più basse?
N. 6 —
In uno stadio del tipo RC, come deve essere il valore della resistenza di carico per ottenere in uscita segnali di massima ampiezza?
N. 7 —
In cosa consiste uno stadio ad accoppiamento LC?
N. 8 —
Qual'è la differenza che intercorre tra il responso alla frequenza di un amplificatore con accoppiamento RC, e quello di un amplificatore con accoppiamento a trasformatore?
N. 9—
Qual'è la caratteristica che distingue l'accoppiamento diretto?
N. 10 —
Per quale motivo con l'accoppiamento diretto si ottiene una maggiore linearità di responso alla frequenza?
N. 11 —
Per quale motivo, nel funzionamento in classe AB_2 ed in classe B la resistenza ohmica del circuito di griglia deve essere di valore basso?
N. 12 —
Quali sono i componenti che consentono di distinguere uno stadio di amplificazione in Alta Frequenza da uno stadio di amplificazione in Bassa Frequenza?
N. 13 —
Cosa si intende per « tempo di transito »?
N. 14 —
Come è possibile diminuire il tempo di transito?
N. 15 —
In quale modo viene calcolato il guadagno totale di un amplificatore in dB, conoscendo il guadagno sempre in dB — dei singoli stadi?
N. 16 —
Quanti e quali sono i tipi di distorsione?
N. 17 —
Per quale motivo un voltmetro a valvola deve essere in grado di misurare tensioni continue sia positive che negative?
N. 18 —
Se i due triodi della valvola 12AU7 impiegata nel voltmetro a valvola descritto nella lezione 56ª non sono tra loro assolutamente identici, come è possibile ottenere l'indicazione di « zero » in assenza di segnale di ingresso?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 425

N. 1 — La resistenza di carico di uno stadio amplificatore di tensione deve poter consentire la massima tensione di uscita con la minima distorsione.

N. 2 — Da uno stadio finale di potenza si desidera ottenere la massima potenza di uscita con la minima distorsione.

N. 3 — L'impedenza di carico di un triodo deve essere pari a due o tre volte la resistenza dinamica di placca, in quanto la distorsione è in tal caso minore.

N. 4 — L'impedenza di carico di un pentodo non può — generalmente — superare un valore pari ad un decimo della resistenza dinamica di placca, onde non incorrere in eccessiva distorsione.

N. 5 — La classe A, in quanto — in tal caso — le due semionde di un segnale sinusoidale vengono amplificate in modo molto uniforme, poichè il funzionamento avviene lungo il tratto rettilineo della curva caratteristica.

N. 6 — Il rendimento di uno stadio di potenza equivale al rapporto tra la potenza di uscita e quella dissipata per l'alimentazione.

N. 7 — La tensione di polarizzazione è tale da portare la valvola quasi al punto di interdizione (corrente anodica prossima a zero).

N. 8 — Perchè l'energia al circuito di placca viene fornita durante una frazione di ciclo del segnale di ingresso durante il quale la tensione di placca è minima. La corrente anodica scorre dunque solo durante una parte del segnale.

N. 9 — Dalla linearità della curva caratteristica dinamica.

N. 10 — In classe A al 20%; in classe AB al 40%; in classe B dal 50 al 60%, ed in classe C dal 75 all'80%.

N. 11 — Nei confronti del funzionamento con uno stadio singolo, lo stadio in controfase consente una distorsione minore in quanto la linearità della caratteristica dinamica è maggiore. Il segnale di griglia può inoltre avere una ampiezza proporzionalmente maggiore.

N. 12 — Nel circuito di impiego di una valvola termoionica, e_g, e_c, i_b ed e_{RC} sono in fase tra loro, ma tutti detti valori sono sfasati di 180° rispetto ad e_b.

N. 13 — La tensione di polarizzazione nel sistema detto « per dispersione di griglia » proviene dalla stessa tensione del segnale di ingresso.

N. 14 — Il voltmetro a valvola presenta, nei confronti del circuito sul quale viene effettuata la misura, una resistenza interna notevolmente più elevata. Inoltre, grazie al sistema di rettificazione del segnale, viene a mancare la capacità interna del rettificatore ad ossido. Per questo motivo può funzionare su una vastissima gamma di frequenze. A ciò occorre aggiungere che il voltmetro a valvola può avere una sensibilità molto maggiore.

N. 15 — La sonda, o « probe », è un dispositivo mediante il quale è possibile effettuare misure in vari punti di un circuito. Essa contiene un circuito che isola il voltmetro a valvola dal circuito sotto prova, pur consentendo la misura di una tensione. A volte contiene anche un elemento rettificatore.

COSTRUZIONE di un VOLTMETRO a VALVOLA
messa a punto e impiego

Prove preliminari

Uno dei maggiori vantaggi della scatola di montaggio risiede nel fatto che, colui che ne effettua la realizzazione, acquista una conoscenza del circuito tale da renderlo indipendente in ogni eventualità.

Le operazioni di messa a punto e di collaudo, effettuate sulla scorta delle istruzioni quì elencate, non presentano alcuna difficoltà, e potranno essere ripetute saltuariamente, sia a titolo di semplice controllo, sia per ottenere una maggiore precisione.

Dopo aver effettuato il montaggio meccanico ed elettrico, e dopo aver accuratamente controllato il lavoro eseguito, come illustrato nella lezione precedente, si può senz'altro procedere al collaudo dello strumento. Per questa operazione è necessario disporre di un « tester ».

Innanzitutto, prima di inserire le valvole al loro posto, è opportuno collegare il cordone rete ad una sorgente di tensione alternata a 110 volt, 50 Hz. Ciò fatto, si può portare il selettore su una posizione diversa da « off » (« spento »), ossia in una qualsiasi delle altre. Mentre si compie tale operazione, è bene controllare che nessun rumore si verifichi internamente allo strumento, e che non si manifestino scariche o scintille. Se tutto è in ordine, col « tester » in posizione « CA », nella portata 250 volt, si controllerà la tensione alternata erogata dal secondario ad alta tensione del trasformatore di alimentazione: il valore deve essere di circa 130 volt tra i due terminali rossi. In seguito, con la portata 10 volt, si controlla che le tensioni presenti tra i piedini 3 e 4 della 6AL5 e tra le coppie di piedini 9-4 e 9-5 della 12AU7, siano entrambe di circa 6 volt. Si controlli anche che la lampada spia presente sul pannello, (che in questa fase può già essere al suo posto), si accenda regolarmente. Immediatamente dopo, ponendo il « tester » in posizione « Volt cc », si controllino le tensioni verso massa presenti ai capi del condensatore elettrolitico da 16 μF. Il lato positivo deve avere una tensione verso massa pari a 65 volt circa (tensione positiva). Il lato negativo deve invece presentare — sempre verso massa, ossia verso lo chassis dell'apparecchio — una tensione negativa di circa 70 volt.

Tutte le operazioni successive vengono qui descritte col presupposto che le precedenti misure abbiano dato esito soddisfacente. In qualsiasi caso si presenti una discordanza, è necessario staccare immediatamente l'apparecchio dalla tensione di alimentazione, e cercare la causa controllando ancora una volta il circuito.

A questo punto si possono inserire le due valvole nei rispettivi zoccoli, riaccendere l'apparecchio, e controllare che l'accensione dei catodi, visibile attraverso il bulbo, sia normale. Dopo circa 30 secondi, tempo nel quale detti catodi raggiungeranno la normale temperatura di funzionamento, si porti la manopola del selettore sulla posizione « DC + » o « DC — », ed il commutatore di portata sul valore di 1,5 volt. In queste condizioni, agendo sul comando « ZERO ADJUST » (azzeramento), l'indice dello strumento deve spostarsi per un certo tratto della scala, intorno allo zero.

Controllare anche che nessuna delle resistenze si scaldi eccessivamente, e che in nessun punto del circuito elettrico si manifestino scariche.

Ciò fatto, è opportuno spegnere l'apparecchio, ed effettuare la regolazione meccanica dello zero. A tale scopo, con lo strumento in posizione di lavoro (verticale), si ruoti lentamente la vite con testa di plastica presente sotto al vetro dello strumento stesso, in un senso o nell'altro, finchè l'indice si trova esattamente in corrispondenza dello zero di tutte e quattro le scale superiori.

Messa a punto

La vera e propria taratura dello strumento deve essere eseguita in due tempi: in altre parole, si effettua una taratura provvisoria, dopo di che si sottopone l'intero strumento ad un periodo detto « di invecchiamento ». Si tratta di tenerlo in funzione ininterrottamente per almeno 48 ore, onde consentire una certa stabilizzazione delle caratteristiche elettriche dei vari componenti, ed in particolar modo delle valvole. Infine, si ripetono tutte le operazioni della prima taratura, e, salvo la necessità di ripeterla di tanto in tanto, lo strumento viene così a trovarsi nelle condizioni ideali per funzionare regolarmente.

Taratura in corrente continua: inserire il puntale nero (comune) nella boccola relativa (in basso a sinistra). Portare il selettore in posizione « DC + » (misure di tensioni continue positive verso massa), ed il commutatore di portata su 1,5 volt. Inserire il puntale con cavo schermato nella boccola centrale, e mettere entrambi i puntali a contatto con i poli di una pila di recente produzione, da 1,5 volt (ad esempio, quella fornita con l'apparecchio e che serve per il funzionamento del circuito ohmetrico). Regolare quindi il comando « *taratura corr. cont.* » fissato alla basetta a circuito stampato (vedi lezione precedente), finchè l'indice dello strumento si porta in corrispondenza del puntino rosso esistente sulla scala.

Sempre col selettore sulla posizione « DC + » (tensioni continue positive verso massa), controllare il funzionamento del comando « ZERO ADJUST » (regolazione zero): ruotando la manopola relativa, l'indice deve portarsi fino a circa metà della scala graduata. Portare detto indice in corrispondenza dello zero (inizio della scala) e commutare da « DC + » a « DC — ». Si deve trovare una posizione nella quale detta commutazione non provoca alcuna deviazione dell'indice. In caso contrario, se la deviazione inevitabile non è inferiore a due divisioni della scala, è probabilmente necessario un ulteriore periodo di invecchiamento per la valvola 12AU7.

Controllo dell'ohmetro: spegnere l'apparecchio: montare la batteria in modo che il polo negativo sia in contatto con la molla, ed assicurarsi che i contatti siano perfettamente puliti.

Riaccendere l'apparecchio, e portare il selettore in posizione « OHMS ». Regolare quindi la manopola contrassegnata « OHMS ADJUST » finchè l'indice si porta a fondo scala (destro). Inserire il puntale rosso nella boccola destra

e metterlo in contatto col puntale comune (nero). L'indice dello strumento deve tornare immediatamente a zero, ossia all'inizio a sinistra della scala, corrispondente al valore ohmico zero.

Taratura in corrente alternata: togliere momentaneamente il puntale rosso. Mettere il controllo di portata su 1,5 volt, ed il selettore su « AC ». Regolare il potenziometro « *Bilanciam. corr. alt.* » finchè, commutando mediante il selettore da « AC » a « DC+ » o « DC — », non si nota più alcun movimento da parte dell'indice. Rimettere a posto il puntale rosso per la corrente alternata, e collegare entrambi i puntali ad una presa di corrente (tensione rete), dopo aver spostato il commutatore di portata sulla posizione « 500 volt ».

A questo punto, regolare il potenziometro « *taratura corr. alt.* » applicato alla basetta a circuito stampato, finchè lo strumento indica esattamente la tensione di rete sulla scala a 500 volt. A tale scopo, dal momento che detta tensione non ha un valore assolutamente definito e costante, sarebbe opportuno disporre di un secondo strumento molto preciso da usare come campione per il confronto.

Le operazioni ora descritte completano la messa a punto. Se tutto il montaggio è stato effettuato in modo appropriato, non si deve manifestare alcuna difficoltà. Una volta terminata la taratura, non rimane che lasciare acceso l'apparecchio per 48 ore consecutive, e ripetere tutta l'operazione.

Le caratteristiche del circuito sono tali da assicurare la massima stabilità per un tempo indeterminato. Tuttavia, se col tempo si rivelassero delle inesattezze, è sempre possibile ripetere l'intero procedimento. Ciò sarà opportuno in modo particolare allorchè, a causa di un eventuale guasto qualsiasi, si dovrà provvedere alla sostituzione di uno o più componenti.

Tecnica di impiego

Come si è detto alla lezione 53ª, il voltmetro elettronico presenta numerosi vantaggi nei confronti di un comune multimetro, tra cui, il più importante, è l'elevata impedenza di ingresso. Ciò consente di effettuare misure di elevata precisione su circuiti ad alta impedenza, come — ad esempio — l'uscita di stadi di amplificazione con accoppamento a resistenza e capacità, la misura di tensioni di polarizzazione direttamente sulla griglia della valvola, ecc.

Per meglio comprendere ciò, consideriamo la **figura 1**: essa rappresenta una comune valvola amplificatrice, avente una resistenza di carico di 0,5 Mohm, e funzionante con una tensione di alimentazione di 100 volt. Supponiamo che, in tali condizioni, la corrente anodica determini una caduta di tensione di 50 volt ai capi della resistenza. In tal caso la tensione effettiva presente sulla placca ammonta a 50 volt. Misurando detta tensione con uno strumento comune avente una sensibilità — ad esempio — di 1.000 ohm/volt, predisposto su una portata di 100 volt fondo scala, la resistenza interna relativa viene ad essere di 100.000 ohm. Tale resistenza viene a trovarsi — durante la misura — tra la placca della valvola e la massa, ossia in parallelo alla sua resistenza interna che ammonta anch'essa a 0,5 Mohm (infatti, la caduta di tensione

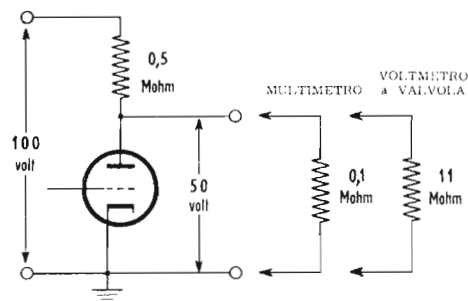



Fig. 1 — La tensione anodica di una valvola, misurata con un multimetro avente una resistenza interna relativamente bassa, risulta notevolmente inferiore al valore effettivo. Misurata invece con un voltmetro a valvola, denota il valore reale grazie alla elevata resistenza di ingresso dello strumento, che è tale da non apportare al circuito variazioni di entità apprezzabile.

presente tra placca e catodo ammonta a 50 volt, come per la resistenza di carico, e la corrente che la percorre è ovviamente la medesima).

In queste condizioni, la resistenza tra placca e massa viene ad essere quella risultante dalla combinazione in parallelo della resistenza interna della valvola, e della resistenza interna dello strumento (100.000 ohm). Il valore totale non è più di 0,5 Mohm, bensì di 83.330 ohm. Di conseguenza, sempre durante la misura, la tensione tra placca e massa scende a circa 14 volt, mentre dovrebbe essere pari a 50.

Effettuando invece la misura con un voltmetro elettronico, ad esempio quello che qui descriviamo, la cui resistenza di ingresso ammonta a 11 Mohm, sarà facile al lettore calcolare la percentuale di errore introdotta dallo strumento, percentuale che diventa — in tal caso — assolutamente trascurabile.

Misura di tensioni continue: collegare il puntale comune (nero) al lato freddo (generalmente massa) della tensione da misurare, servendosi a tale scopo della apposita pinza a « coccodrillo » presente all'altra estremità del cavo. Portare il selettore su una delle posizioni « DC + » o « DC — », a seconda che la tensione da misurare sia rispettivamente positiva o negativa rispetto a massa. Predisporre inoltre il commutatore di portata su un valore sicuramente superiore a quello della tensione da misurare (se l'entità è approssimativamente nota): in caso contrario detto commutatore deve essere sulla posizione massima di 1.500 volt.

Toccare con l'altro puntale il lato « caldo » della tensione da misurare: se l'indice dello strumento si sposta per un tratto inferiore ad un terzo dell'intera scala, diminuire la portata. Affinchè la misura sia precisa e di comoda lettura, è opportuno che la deflessione corrispondente dell'indice sia compresa tra 1/2 e 2/3 della deflessione totale.

Le portate più basse, ossia 1,5-5 e 15 volt sono utili nella posizione « DC — » per misurare tensioni di polarizzazione direttamente sulle griglie delle valvole di qualsiasi apparecchiatura elettronica. Con le altre portate è invece possibile misurare qualsiasi altra tensione, sia anodica che altro, anche direttamente sugli elettrodi: ciò grazie alla elevata impedenza di ingresso dello strumento che non apporta variazioni apprezzabili alla resistenza del carico ai cui capi si effettua la misura.

Misura di tensioni alternate: collegare il cavo comune (nero) alla boccola relativa, come per la misura di tensioni continue. Anche in questo caso la pinza a coccodrillo deve essere in contatto con il lato « freddo » della tensione da misurare. Portare il selettore su « AC » (corrente alternata), ed il commutatore apposito su una portata sicuramente superiore alla tensione da misurare (se l'entità è approssimativamente nota). In caso contrario esso deve essere messo sulla portata più alta di 1.500 volt.

Si noti che le scale dello strumento relative alla corrente alternata sono tarate sia in valori efficaci che in valori di picco. Allorchè si misurano tensioni sinusoidali, si possono leggere indifferentemente entrambi i valori, in quanto, — come sappiamo — la tensione tra picco e picco equivale alla tensione efficace moltiplicata per il fattore 2,83.

Allorchè si misurano invece tensioni alternate non sinusoidali (ad esempio tensioni alternate distorte, segnali ad onda quadra o a dente di sega, ecc.), la lettura deve essere considerata pari circa al 35 per cento del valore di picco.

Se — ad esempio — il commutatore di portata si trova su 15 volt, e tra i puntali viene applicata una d.d.p alternata sinusoidale di 10 volt eff., l'indice indicherà tale valore sulla scala tarata in volt efficaci, ed il valore 28,3 sulla scala tarata in valori di picco. Questa particolarità è molto utile in quanto evita la perdita di tempo necessaria per effettuare il calcolo a seconda della necessità di lettura.

Allorchè si effettuano misure in corrente alternata, si tenga sempre presente che il puntale da collegare al lato « caldo » della tensione incognita è particolarmente sensibile ai campi elettromagnetici, e particolarmente a quelli accumulati dal corpo dell'operatore. Il solo contatto della mano con l'impugnatura isolata del puntale può dare già una lettura che — naturalmente — falsa in seguito la misura vera e propria. Sulle portate basse, l'azzeramento deve essere effettuato sempre tenendo i due puntali in cortocircuito tra loro, ed è bene portare il secondo puntale a contatto col punto su cui si deve leggere la tensione, ed allontanare poi la mano per effettuare la lettura. Questo inconveniente, comune a tutti i voltmetri elettronici di elevata sensibilità, può portare ad inesattezze variabili dal 5 al 15 per cento, a seconda della portata.

Nella misura di tensioni elevate, è sempre opportuno ricordare le norme enunciate nella lezione 53ª, e, in particolar modo, è bene collegare i puntali con l'apparecchiatura sotto prova allorchè la stessa è ancora disinserita; la medesima procedura verrà seguita successivamente per staccare i puntali stessi.

Misura di resistenze: il puntale comune (nero) deve sempre essere inserito nella sua boccola (in basso a sinistra), ed il puntale rosso nella boccola in basso a destra. Il selettore deve essere portato sulla posizione « OHMS », ed il commutatore di portata deve invece essere su una portata che consenta la lettura del valore di più possibile in prossimità del centro scala.

Si provveda innanzitutto ad azzerare lo strumento portando l'indice a fondo scala (« inf » sulla scala degli ohm), agendo sulla manopola « OHMS ADJ. » (regolazione ohm), e tenendo i puntali isolati tra loro. La misura viene poi effettuata collegando i puntali stessi ai capi della resistenza, e variando la portata fino ad avere una lettura comoda ed esatta. Una volta individuata la portata più adatta, è bene staccare uno dei puntali e controllare l'azzeramento, dopo di che si ripete la lettura.

Il valore letto sulla scala deve sempre essere moltiplicato per il fattore indicato dal commutatore di portata.

Si tenga presente che, sebbene per il circuito ohmetrico venga impiegata una batteria, le misure vengono del pari effettuate attraverso un circuito elettronico, per cui anche per la misura di resistenze lo strumento deve essere acceso. Allo scopo di evitare una breve durata di detta batteria, è opportuno predisporre il selettore sulla posizione « OHMS » solo quando si deve effettuare una misura di resistenza.

Misure in corrente alternata sulla scala dei decibel: lo standard adottato in questo strumento è quello convenzionale di 0 dB = 1 mW su 600 ohm (vedi lezione 54ª). Il valore di 0 dB corrisponde quindi ad una tensione di 0,774 volt C.A. sulla scala 1,5 volt efficaci. Le correzioni da apportare alla lettura in dB sulle altre portate sono le seguenti:

Portata in V C.A.	*Aggiungere*
0-1,5	+ 0 dB
0-5,0	+10 dB
0-15	+20 dB
0-50	+30 dB
0-150	+40 dB
0-500	+50 dB
0-1.500	+60 dB

Lettura delle scale: le indicazioni del commutatore di portata si riferiscono — ovviamente — al valore a fondo scala di ogni singola portata. Col commutatore sulla portata 1,5 volt, si usufruirà per la lettura, della scala segnata 0-15, spostando la virgola di una cifra verso sinistra. Ad esempio, una indicazione 8 rappresenta — in tal caso — una tensione di 0,8 volt.

Con il commutatore sulla portata 5 volt si legge invece la scala 0-50, sempre spostando la virgola di una cifra verso sinistra; di conseguenza, una indicazione — ad esempio — di 40, significa che la tensione misurata ammonta, in realtà, a 4 volt.

Nelle portate di 15 e di 50 volt fondo scala le lettura vengono effettuate direttamente, senza apportare alcuna variante al valore indicato. Per contro, nella portata 150 volt si leggerà sulla scala terminante col valore di 15, e si moltiplicherà la lettura per 10. Nella portata 500 volt si leggerà sulla scala terminante col valore 50, e si moltiplicherà la lettura per 10. Infine, nella portata 1.500 volt, si leggerà sulla scala del 15, e si moltiplicherà la lettura per 100. In tal caso, una indicazione di 8 — ad esempio — corrisponderà ad un valore di 800 volt.

La figura 2 riproduce l'intero quadrante dello strumento. Si noterà che la seconda e la terza scala, cominciando dall'alto, sono contrassegnate a sinistra da una **« graffe »** recante le diciture « D.C.V. » e « A.C.V. » (rispettivamente volt C.C. e volt C.A.). Ciò non significa che la scala supe-

riore sia riferita alla sola corrente continua, e che quella inferiore sia riferita alla sola corrente alternata, bensì che entrambe le scale sono riferite ad entrambi i tipi di tensione, a seconda della posizione del selettore.

La scala in ohm è riferita alla portata « OHMS x 1 ». Nelle portate successive, il valore letto dovrà essere moltiplicato rispettivamente per 10, per 100, per 1.000 per 10.000, per 100.000 e per 1.000.000.

La precisione dell'equipaggio mobile è del 2 per cento a fondo scala. Nelle portate in corrente continua, la precisione del moltiplicatore è pari all'1 per cento, che, sommata a quella dello strumento, dà una tolleranza totale del 3 per cento.

Se si effettua un confronto delle letture con quelle fornite da un altro strumento, è necessario tener conto del fatto che quest'ultimo (a meno che non si tratti di un « campione » di provata precisione) può denotare un errore in senso opposto.

Sappiamo che, allorchè si parla di precisione, essa viene espressa col segno ± seguito da una data percentuale numerica (ad esempio ±2%). Ciò significa che, su una tensione — poniamo — di 100 volt, il valore indicato può essere di 2 volt in più o in meno, ossia la tensione misurata può essere compresa tra 98 e 102 volt.

Supponiamo che il nostro strumento dia un errore del 2% in meno, e che lo strumento che usiamo per effettuare il confronto sia della medesima classe, ossia abbia anch'esso una precisione del 2%. Se quest'ultimo introduce un errore del 2% in senso opposto, ossia dà una lettura di 102 volt, abbiamo tra i due strumenti una differenza pari a

$$102 - 98 = 4 \text{ volt}$$

Tale differenza non deve essere imputata per intero all'uno o all'altro strumento, bensì divisa tra i due. In caso contrario, la tolleranza sulla lettura dello strumento al quale viene imputato l'errore non sarebbe più del 2% bensì del 4%.

La precisione delle portate ohmetriche dipende dalla precisione dello strumento (che sappiamo essere del 2%), da quella del moltiplicatore (pari all'1%), nonchè dalla resistenza interna della batteria e dalla stabilità della tensione da essa erogata. Si tenga presente che le pile a secco, anche se non sottoposte ad un impiego prolungato, dopo un certo periodo di tempo, che può variare — a seconda della temperatura ambiente — da uno a diversi mesi, perdono le caratteristiche di stabilità. La tensione diventa instabile, e la resistenza interna aumenta. Di conseguenza, per avere letture ohmetriche il più possibile esatte, è consigliabile sostituire detta batteria almeno ogni tre mesi, indipendentemente dall'uso che ne è stato fatto, e dalla indicazione di tensione che essa fornisce allorchè viene sottoposta ad un controllo col voltmetro.

Nelle portate ohmetriche più basse, essendo la corrente che circola nel moltiplicatore di valore più elevato che non nelle portate alte, è bene effettuare le misure con la massima rapidità. Ciò evita che la batteria sia costretta ad erogare una corrente di notevole intensità per un tempo tale da accelerarne la scarica.

In riferimento alle portate in corrente alternata inve-

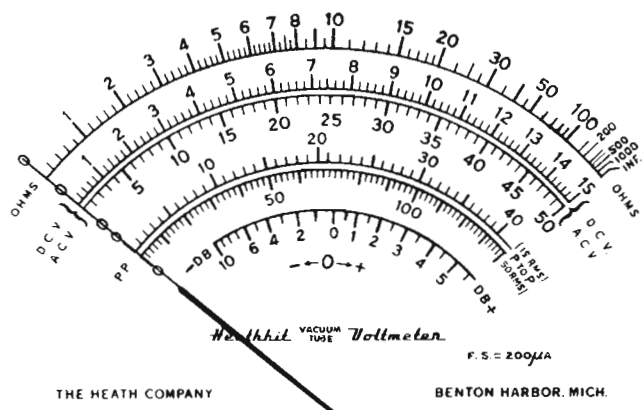



Fig. 2 — Riproduzione della scala graduata dello strumento montato sul voltmetro a valvola V-7A. La scala ohmetrica è tale da presentare il valore 10 al centro, per cui la lettura è facile e precisa per la maggior parte della sua estensione. Le scale voltmetriche sono quattro: due per i valori efficaci e due per i valori di picco. La scala dei decibel può essere estesa a portate maggiori mediante l'aggiunta di un fattore di correzione. Lo zero centrale, presente al di sotto di quest'ultima, consente l'impiego dello strumento come galvanometro, per la misura di tensioni negative o positive.

ce, la precisione può essere compromessa dall'influenza dei campi elettromagnetici esterni, per cui è necessario adottare le precauzioni cui abbiamo già fatto cenno. In ogni caso, la pratica derivata dall'uso consentirà all'operatore di effettuare sempre misure di sufficiente esattezza.

Come si nota osservando la figura 2, al di sotto della scala dei decibel è riportato uno zero centrale, ai cui lati si trovano due frecce rivolte rispettivamente verso destra (+) e verso sinistra (—). Esso consente l'uso del voltmetro come galvanometro per la misura di tensioni continue ed oscillanti a bassissima frequenza, indipendentemente dalla relativa polarità.

Abbiamo visto come, mediante la regolazione del comando « ZERO ADJUST », sia possibile portare l'indice fino alla metà della scala allorchè il selettore è in posizione « DC + » o « DC — ». Nella posizione « DC + », la presenza in ingresso di una tensione continua *positiva* verso massa determina la deviazione dell'indice verso destra. Se in tali condizioni dovessimo misurare una tensione *negativa* verso massa, l'indice verrebbe deviato oltre il fondo scala a sinistra, impedendo la lettura. In tal caso, prima di effettuare detta lettura, è necessario portare il selettore su « DC — ».

Esistono dei casi, nella pratica di laboratorio, nei quali può far comodo la possibilità di misurare rapidamente tensioni negative o positive indifferentemente, senza dover ricorrere ad operazioni di commutazione.

Per far ciò, è sufficiente portare l'indice in corrispondenza dello zero centrale, e predisporre il selettore sulla posizione « DC + ». In tal caso — infatti — una tensione positiva determina la deviazione dell'indice nella seconda metà della scala, mentre una tensione negativa determina una deviazione in senso opposto, ossia verso lo zero iniziale. Dal momento che le scale sono lineari (ci riferiamo a quelle voltmetriche soltanto), è del pari possibile effettuare la lettura, tenendo conto semplicemente del numero delle divisioni. Ovviamente, in questo caso, tutte le portate vengono dimezzate. Nella portata di 50

volt fondo scala — ad esempio — portando l'indice al centro della scala avremo la possibilità di misurare 25 volt negativi o positivi verso massa, a seconda che l'indice si sposti rispettivamente verso destra o verso sinistra.

In tal caso, ogni divisione in tratto più nero e più lungo corrisponde ad una tensione di 5 volt, ed ogni divisione minore a 0,2 volt. I numeri riportati sulla scala non possono servire per la lettura, in quanto non corrispondono più ai valori originali, tuttavia il calcolo è molto semplice. Supponiamo infatti che, nella portata 50 volt a fondo scala, l'indice si porti in corrispondenza della divisione minore che precede immediatamente quella contrassegnata col numero 20.

Sappiamo che una divisione maggiore corrisponde a 5 volt, ed una minore a 0,2 volt. La tensione indicata sarà dunque pari a 5,2 volt negativi rispetto a massa.

Carica elettrostatica: negli strumenti di misura a bobina mobile, specie se di elevata sensibilità, accadono a volte fenomeni elettrostatici che provocano una deviazione dell'indice anche se non viene effettuata alcuna misura. Ciò accade — in particolare — quando si provvede alla pulizia della protezione in vetro mediante un panno di lana o di altro tessuto. L'attrito tra i due corpi si traduce in una carica elettrostatica che determina il fenomeno.

La protezione in polistirene che ricopre lo strumento del voltmetro a valvola è stata trattata in modo da resistere all'accumulazione di notevole quantità di elettricità statica. Nel caso però che il fenomeno si verifichi in seguito all'attrito con un panno, esercitato con una certa energia, si può ovviare all'inconveniente che si manifesta, strofinando la superficie elettrizzata con un panno imbevuto di « Glin ». Si tratta appunto di un prodotto che neutralizza le cariche elettrostatiche, e che può essere facilmente trovato in commercio. D'altra parte, anche se detto fenomeno si manifesta, scompare da sè dopo un certo tempo, variabile da qualche ora ad uno o due giorni.

Riparazione

Nell'eventualità che in fase di messa a punto, o in seguito ad un certo periodo di uso, si manifestino degli inconvenienti, suggeriamo di effettuare i seguenti controlli:

1) Controllare le due valvole 6AL5 e 12AU7, eventualmente sostituendole con altre di sicura efficienza. Dette valvole non devono avere caratteristiche particolari, per cui la loro sostituzione non può essere causa di variazioni nella taratura. Il doppio triodo non deve essere necessariamente costituito da due unità con caratteristiche rigorosamente identiche, in quanto il bilanciamento viene effettuato ad opera di un apposito potenziometro.

2) Se il difetto di funzionamento si manifesta esclusivamente sulle portate in corrente alternata, è evidente che la sola valvola da controllare, unitamente ai relativi circuiti, è la 6AL5.

3) Se il difetto di funzionamento si manifesta esclusivamente nelle portate ohmetriche, controllare innanzitutto lo stato della batteria da 1,5 volt, nonchè la perfetta pulizia dei relativi contatti. Se l'indice si porta verso destra qualunque sia la posizione del comando di azzeramento, ciò significa che esiste certamente un'interruzione nella serie delle resistenze. Si noti che, affinchè il funzionamento come ohmetro sia corretto, è indispensabile che tale sia anche il funzionamento come voltmetro in corrente continua ed in corrente alternata.

4) Quando lo strumento viene montato « ex novo », può accadere che non si riesca ad ottenere l'azzeramento perfetto. In linea di massima ciò è imputabile alla necessità di assestamento da parte della valvola 12AU7. Un periodo di accensione ininterrotto di 48 ore porrà probabilmente fine all'inconveniente citato.

5) Controllare che non esistano interruzioni nei cavi dei puntali. Ciò accade sovente a causa delle numerose flessioni cui essi vengono quotidianamente sottoposti. In modo particolare, si controlli che non venga meno l'isolamento tra il conduttore e la calza metallica esterna del puntale il cui cavetto è schermato.

6) L'inefficienza del comando di azzeramento può essere imputabile ad interruzione del collegamento tra i piedini 1 e 6 della valvola 12AU7.

7) In caso di difficoltà nel rintracciare il guasto, controllare tutte le tensioni presenti nello strumento, ripetendo le operazioni compiute durante la fase preliminare della messa a punto.

Nell'eventualità che il circuito stampato presenti delle rotture, ossia delle interruzioni nei collegamenti in rame depositati sulla basetta isolante, la riparazione può essere effettuata in modo relativamente semplice: basta infatti creare un « ponte » che abbracci i due lati della rottura. A tale scopo preparare un segmento di conduttore nudo e rigido, del diametro di qualche decimo di millimetro. Appoggiarlo trasversalmente sulla rottura in modo che venga a trovarsi per una metà su un lato del collegamento interrotto, e per l'altra metà sull'altro lato. Tenendolo fermo in tale posizione, saldare le due estremità depositando una piccola quantità di stagno.

Durante questa operazione è bene che il saldatore rimanga a contatto con la parte da saldare il meno possibile, onde evitare la bruciatura della basetta isolante. Per questo motivo la punta deve essere perfettamente pulita, come pure il segmento di conduttore rigido che viene applicato.

In caso di guasto all'equipaggio mobile (ad esempio interruzione della bobina, rottura di una delle molle antagoniste, o altro), è senz'altro sconsigliabile tentare di effettuare la riparazione da sè, a meno che non si abbia una competenza specifica e la relativa attrezzatura. In caso contrario, è certamente opportuno rivolgersi ad un laboratorio appositamente attrezzato.

a

giorni il nuovo fascicolo di "RADIO e TELEVISIONE,,

E' — come sempre — un numero di alto interesse per il suo ricco contenuto. Vi troverete, tra l'altro:

— Un articolo sulla registrazione magnetica, particolarmente dedicato alle **misure sul rendimento dei registratori,** un argomento sul quale non è facile trovare letteratura tecnica in italiano.

— Un articolo dedicato ad un esame delle **caratteristiche** e delle **principali applicazioni dei transistori,** con particolare riguardo al progetto dei radioricevitori. L'Autore — ingegnere, dirigente presso un grande complesso industriale specializzato nel ramo — tratta con vera competenza e praticità dei problemi e delle soluzioni relative.

— Agli impulsi si fa sovente ricorso nelle apparecchiature che riguardano le applicazioni dell'elettronica all'industria: un chiaro scritto su questo soggetto vi informa sui **circuiti generatori di impulsi.**

— Ai tecnici di Laboratorio interesserà certamente il **« tracciatore di curve » per semiconduttori** (diodi e transistori) che costituisce oggetto di un articolo tecnico descrittivo, con dati relativi alla realizzazione.

— **« Fotomoltiplicatori e scintillatori per rivelazioni di radiazioni nucleari »** è il titolo di un altro articolo contenuto in questo fascicolo. In tale articolo si esaminano le soluzioni più recenti e razionali adottate per pervenire ad apparecchiature semplici e di estremo rendimento.

— Infine, un argomento mai trattato in Italia, con un'analisi tecnico analitica così completa: **la termoelettricità.** Sono esposti, oltre che i principî, anche le più recenti e convenienti applicazioni, e i criteri di progetto di realizzazioni pratiche. E' assai opportuno seguire oggi il rapido evolversi di questa tecnica che è destinata a rivoluzionare non poche branche produttive basate su altri sistemi tradizionali.

Completano il fascicolo le abituali rubriche, e cioè un notiziario relativo ad avvenimenti riguardanti la tecnica elettronica, da tutto il mondo; una recensione di libri ed opuscoli; gli avvisi gratuiti, a disposizione indistintamente di tutti i lettori; un esame di apparecchiature del commercio; un breve riassunto di importanti articoli di riviste straniere, ecc. ecc.

Abbonamento per 12 Numeri. . . . . lire 3.060.
Per gli abbonati al "Corso di Radiotecnica,, ... solo lire 2.754.

Abbonamento: "RADIO e TELEVISIONE,, - via dei Pellegrini N. 8/4, conto corrente postale: 3/4545 - Milano

Una copia, alle edicole, lire 300

Prenotatela presso il vostro giornalaio.

Comunicategli che il servizio di distribuzione per tutta l'Italia è affidato alla spett. Diffusione Milanese - Via Soperga 57 - Milano.

Questo fascicolo può essere comunque anche il primo di un vostro abbonamento.

L'abbonamento non ha riferimento all'anno solare e vi da sempre diritto a ricevere 12 Numeri: inoltre, vi invieremo 4 fascicoli in omaggio, da voi scelti tra quelli disponibili, anteriori al N. 96.

Se non disponete del N. 97 potete farlo includere nell'abbonamento.

Mantenetevi aggiornati con la tecnica radio-TV leggendo assiduamente

« RADIO e TELEVISIONE »

Per la costruzione delle vostre apparecchiature radio, la Ditta GIAN BRUTO CASTELFRANCHI è in grado di fornirvi tutto il materiale occorrente. Rivolgetevi alla più vicina delle sue sedi o direttamente alla sede Centrale - Via Petrella, N. 6 - Milano.

SEDI

AVELLINO	- Via Vitt. Emanuele, 122
BARI	- Piazza Garibaldi, 58
BOLOGNA	- Via R. Reno, 62
BENEVENTO	- Corso Garibaldi, 12
BERGAMO	- Via S. Bernardino, 28
CIVITANOVA	- Corso Umberto, 77
CAGLIARI	- Via Rossini, 44
CATANIA	- Via Cimarosa, 10
CREMONA	- Via Cesari, 1
FIRENZE	- Viale Belfiore, 8 r
GENOVA	- Piazza J. da Varagine 7/8 r
LA SPEZIA	- Via Persio, 5 r
MANTOVA	- Via Arrivabene, 35
NAPOLI	- Via Camillo Porzio, 10 a/b
PALERMO	- Piazza Castelnuovo, 48
PADOVA	- Via Beldomandi, 1
ROMA	- Via S. Agostino, 14
TORINO	- Via Nizza, 34

Ricordate che, disponendo del "CATALOGO ILLUSTRATO GBC", potrete con facilità individuare le parti staccate che vi interessano: è un grosso volume di ben 613 pagine che potrete richiedere - con versamento di lire 1000 - all'indirizzo citato.

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

Voltmeter KIT

CARATTERISTICHE

MODELLO

V-7A

Strumento	200 microampere, 112 m/m di scala
Resistenze	Custodia in polystyrene di precisione tarate all'1%

VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.C.

7 scale	1,5, 5, 15, 50, 150, 500 e 1500 V di fondo scala con puntale aggiuntivo si può ottenere un fondo scala di 30.000 Volt
Resistenza d'ingresso	11 megaohm (1 MΩ nel puntale) per tutte le scale Con il puntale aggiuntivo 1.100 MΩ
Sensibilità	7.333.333 ohm per Volt sulla scala 1,5 V
Circuito	Ponte bilanciato (push-pull) facente uso di un doppio triodo
Precisione	± 3% fondo scala

VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.A.

7 scale a valore efficace	1,5, 5, 15, 50, 150, 500, 1500 Volt fondo scala, valore efficace (ossia 0,707 del picco positivo)
Precisione	± 5% fondo scala
7 scale a valore picco-picco	4, 14, 40, 140, 400, 1400 4000 Volt

OHMMETRO ELETTRONICO

7 scale	Scala con 10 ohm al centro x 1, x 10, x 100, x 1000, x 10 K, x 100 K, x 1 Meg - Misura da 0,1 ohm a 1000 MΩ con batterie interne.
Piastre di montaggio	Circuiti stampati, incisione metallica con piattina di rame da 0,35 m/m su piastra di materiale fenolico da 2,5 m/m
Tubi elettronici	1-12AU7; doppio triodo del ponte di misura - 1-6AL5; doppio diodo rettificatore doppia onda
Batteria	1,5 Volt
Dimensioni	Altezza 18 cm; larghezza 12 cm; profondità 10,3 cm
Peso (imballo compreso)	ca 3,15 Kg
Alimentazione	105 - 125 Volt - 50÷60 Hz - 10 Watt

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

LARIR soc. r. l. **MILANO** P.zza 5 GIORNATE 1
Telefoni: 795.762 - 795.763

AGENTI ESCLUSIVI DI VENDITA PER: LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI
Soc. FILC RADIO - ROMA
Piazza Dante, 10 - Telefono 736.771

EMILIA - MARCHE
Ditta A. ZANIBONI - BOLOGNA
Via Azzogardino, 2 - Telefono 263.359

GELOSO

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

CONDENSATORI ELETTROLITICI

Quest'organo è soggetto a forti sollecitazioni di natura elettrochimica; è perciò necessario che presenti anzitutto una elevata stabilità chimica che può essergli conferita solamente con speciali procedimenti costruttivi, frutto di lunga esperienza. La GELOSO costruisce tali condensatori da trent'anni. I tipi fabbricati sono 55, rispondenti, nelle dimensioni e nei valori, alle più diverse esigenze della tecnica.

TRASFORMATORI D'ALIMENTAZIONE

Uno studio accurato del circuito magnetico e del rapporto tra ferro e rame, metodi moderni di lavorazione, rigorosi e molteplici collaudi assicurano al prodotto esattezza e costanza delle tensioni, isolamento perfetto, minimo flusso disperso, basso riscaldamento e capacità di tolleranza al sovraccarico. Comodi e razionali nell'impiego e nel fissaggio: moltissimi tipi, standardizzati in 6 serie per i più vari impieghi.

ALTOPARLANTI

È superfluo mettere in evidenza l'importanza dell'altoparlante nella catena di parti di un complesso elettroacustico; esso condiziona la qualità dell'apparecchio al quale è collegato. Gli altoparlanti GELOSO, costruiti in molti tipi, dal più piccolo per apparecchi a transistori, ai modelli maggiori per alta fedeltà, soddisfano le più disparate necessità. Essi sono la risultante di una trentennale esperienza.

CHIEDETE IL LISTINO DELLE PARTI STACCATE ED IL "BOLLETTINO TECNICO GELOSO"

Direzione Centrale: GELOSO S.p.A. Viale Brenta 29 - MILANO